ESSESOLAI | giuliane

SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA

DOPPIA LASTRA
MANUALE PER L'UTILIZZO

lavorosicuro®

partner
QUALITY BUILDING
culture,energy,business

Partner
KlimaHaus
CasaClima®

FASCICOLO 1 DI 3
PRESENTAZIONE DELLA TECNOLOGIA

ESSESOLAI | giuliane

SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA

ASSOBETON
Sezione solai e doppia lastra

Il presente manuale si prefigge il preciso obiettivo di promuovere una tecnologia costruttiva anagraficamente non più recentissima ma ancora troppo poco diffusa in rapporto al suo reale valore tecnico ed economico: il muro a Doppia Lastra.

Nonostante la vastità e la complessità di alcuni degli argomenti trattati impediscano una trattazione esaustiva, l'auspicio è che la sua lettura possa fornire agli operatori del settore utili suggerimenti e spunti di riflessione per una corretta ed adeguata utilizzazione della Doppia Lastra, tanto nell'ambito della progettazione quanto nello svolgimento delle attività di cantiere.

Nella redazione di questo documento, di carattere tecnico divulgativo, ***Esse Solai*** *fa tesoro del grande lavoro avviato e portato avanti negli anni dal comitato dal Comitato Tecnico della "Sezione Solai e Doppia Lastra" di Assobeton, un lavoro finalizzato a fornire utili indicazioni a tutti gli operatori che decidano di optare per l'adozione di questa tecnologia. Un ringraziamento è, quindi, d'obbligo per tutti quei tecnici e progettisti che negli anni hanno contribuito attivamente alla sperimentazione e alla creazione e raccolta di materiale inerente il presente manuale:*

Geom.	*Enzo*	*Avi*
Rag.	*Marco*	*Avi*
Ing.	*Pierluigi*	*Basso*
Ing.	*Cristiano*	*de Stabile*
Ing.	*Paolo*	*Favro*
Ing.	*Michele*	*Locatelli*
Ing.	*Gianpiero*	*Montalti*
Ing.	*Ettore*	*Badolato*
Ing.	*Fabio*	*Del Vincenzo,*
Geom.	*Agostino*	*Lameri (†)*
Ing.	*Mauro*	*Lenaz*
Ing.	*Angelo S.*	*Rabuffetti*
Ing.	*Simone*	*Sesto*
Ing.	*Stefano*	*Burini*

Geom. Gianluca Pertile
Geom. Giampaolo Pertile

INDICE

PREFAZIONE 11
Generalità 11
Origine della Doppia Lastra 11
Evoluzione, ricerca e sviluppo 12
Sostenibilità e Certificazione LEED® 12
1. LA DOPPIA LASTRA 13
1.1. Generalità 13
1.2. Definizione dell'elemento costruttivo 13
1.3. Parete a Doppia Lastra ed altri elementi 15
1.4. Vantaggi costruttivi 15
2. GAMMA TIPOLOGICA 17
2.1. Dimensioni e spessore delle Doppie Lastre 17
2.2. Possibilità realizzative 17
2.3. Tolleranze 19
2.4. Flessibilità del sistema a Doppia Lastra 21
2.4.1. Costruzioni multipiano 21
2.4.2. Impiantistica e forometrie 24
2.4.3. Porte e finestre 24
2.4.4. Doppia Lastra con fondazione integrata (Bilbot®) 26
2.4.5. Muri realizzati con Doppie Lastre con paramenti inclinati 31
2.4.6. Doppie Lastre con finiture e/o rivestimenti particolari 31
2.4.7. Muri a Doppia Lastra con pilastri integrati 32
2.4.8. Doppia Lastra a taglio termico con isolamento integrato 33
2.4.9. Doppia Lastra con sistema impermeabilizzante 34
3. MATERIALI 36
3.1. Generalità 36
3.2. Calcestruzzo delle lastre prefabbricate 37
3.3. Calcestruzzo per il getto in opera tra le lastre 39
3.3.1. Calcestruzzi ordinari 40
3.3.2. Calcestruzzi autocompattanti (SCC) 40
3.4. Maturazione del calcestruzzo 41

3.4.1. Influenza della temperatura sullo sviluppo della resistenza 41
3.4.2. Modello di calcolo delle caratteristiche del calcestruzzo secondo l'EC2 43
3.5. Acciai (barre, rotoli) 43
3.6. Tralicci elettrosaldati 44
3.7. Reti elettrosaldate 46
3.8. Ganci di sollevamento 46
3.9. Boccole per il fissaggio dei puntelli 47
4. TRASPORTO E MESSA IN OPERA DELLE DOPPIE LASTRE 49
4.1. Generalità 49
4.2. Schemi di montaggio e convenzioni grafiche 50
4.3. Modalità di trasporto delle Doppie Lastre 52
4.4. Modalità di sollevamento delle Doppie Lastre 53
4.5. Eventuale stoccaggio in cantiere 57
4.6. Preparazione, tracciamento e messa in opera 59
4.7. Assistenza alla messa in opera 67
4.8. Materiali ed attrezzi utili per il montaggio 68
4.9. Armatura integrativa prima del getto di completamento 69
4.10. Trasporto calcestruzzo di completamento con autobetoniera 72
4.11. Pompaggio del calcestruzzo 73
4.12. I controlli prima del getto di completamento 73
4.13. Il getto del calcestruzzo di completamento 74
4.14. Vibrazione del getto 75
4.15. Maturazione del calcestruzzo di completamento 76
4.16. Disarmo e rimozione dei puntelli 77
4.17. Operazioni di finitura 78
5. VOCI DI CAPITOLATO PER DOPPIE LASTRE 79
5.1. Generalità 79
5.2. Esempio 1 – Realizzazione di muro in c.a. con Doppia Lastra 79
5.3. Esempio 2 - Sola fornitura in cantiere delle Doppie Lastre 80
5.4. Esempio 3 - Fornitura e posa Doppie Lastre a Taglio termico 80
5.5. Comparazione tra parete tradizionale realizzata interamente in opera e parete portante semi-industrializzata realizzata con il sistema a Doppia Lastra 81

5.6. Analisi della comparazione tra una parete semi- industrializzata realizzata con Doppia Lastra ed una parete tradizionale realizzata interamente in opera e i vantaggi derivanti dal suo impiego 84
6. PRESTAZIONI DEI MURI REALIZZATI CON LA DOPPIA LASTRA 86
6.1. Generalità 86
6.2. Durabilità 86
6.3. Fattori che influenzano la durabilità del calcestruzzo 87
7. COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI MURI A DOPPIA LASTRA 90
7.1. Generalità 90
7.2. Quadro normativo 90
7.3. Definizioni preliminari 91
7.3.1. La Resistenza al fuoco 91
7.3.2. La Reazione al fuoco 92
7.3.3. Emissione di fumi e gas pericolosi 93
7.3.4. Il fenomeno dello spalling 93
7.4. Requisiti strutturali e capacità portante 94
7.4.1. Le prestazioni di resistenza al fuoco 94
7.4.2. Verifica del criterio della capacità portante R mediante prove al fuoco 95
7.4.3. Verifica del criterio della capacità portante R mediante valutazione analitica 95
7.4.4. Modalità di classificazione della capacità portante R in base a confronti con tabelle 96
7.4.5. Verifica del criterio di tenuta ed isolamento EI 97
7.4.6. Le novità contenute nelle NTC 97
7.4.7. Gli aspetti essenziali dei nuovi DM dei VV.F. del 2007 97
7.4.8. La resistenza al fuoco dei muri in calcestruzzo 98
7.5. Richiami alla Marcatura CE 99
7.6. Il certificato di resistenza al fuoco CERT.REI_2008 100
7.7. Progettare strutture sicure contro gli incendi 102
7.7.1. Sviluppo di incendi a seguito di eventi sismici 102
7.7.2. Sviluppo di incendi durante la fase di costruzione 102
7.8. Valutazione e riparazione dei danni da incendio 103
7.8.1. Ispezione 103
7.8.2. Valutazioni in merito alla riparabilità 105
8. RUOLI E RESPONSABILITÀ DEGLI OPERATORI DEL SETTORE 106

8.1. Generalità 106
8.2. Inquadramento legislativo di riferimento 107
8.3. Alcuni stralci più significativi delle vigenti disposizioni legislative 107
8.4. Le varie figure coinvolte nel processo costruttivo 110
8.4.1. Il Progettista Generale 110
8.4.2. L'impresa di costruzioni 111
8.4.3. Il Direttore dei Lavori 113
8.4.4. Il Collaudatore 113
8.4.5. La responsabilità 115

PREFAZIONE

Generalità

Da sempre - e oggi più che mai - l'innovazione costituisce uno degli aspetti cardine nella storia delle costruzioni del nostro Paese.

In un contesto da sempre caratterizzato da mutamenti e repentine evoluzioni tecnologiche e normative, il progettista non può più prescindere dalla conoscenza di tutti i prodotti e manufatti disponibili sul mercato e delle loro caratteristiche, in maniera tale da sfruttarne appieno tutti i vantaggi, soprattutto quelli legati alla natura industriale della produzione.

La messa a punto e la validazione di nuovi sistemi costruttivi da parte delle stesse aziende produttrici vanno, d'altronde, nella direzione dell'integrazione e della totale compatibilità con i principali materiali, prodotti e sistemi già esistenti e consolidati, offrendo terreno fertile per la diffusione di tecnologie in grado di efficientare costi e tempistiche di realizzazione delle opere.

Il presente documento ha lo scopo di illustrare i principali aspetti progettuali e realizzativi delle pareti realizzate con le Doppie Lastre ed è indirizzato ai progettisti e, più in generale, a tutti gli operatori che - a vari livelli e nelle diverse fasi del processo costruttivo - intervengono nella realizzazione delle opere.

Le indicazioni e gli esempi illustrati corrispondono al più avanzato livello di conoscenze ed esperienze acquisite in materia e riportano dati e nozioni provenienti della più estesa ed avanzata campagna prove mai condotta su tali prodotti.

Origine della Doppia Lastra

La produzione su scala industriale di elementi Doppia Lastra risale a tempi relativamente recenti - precisamente agli anni '60/'70 in Germania - con l'obiettivo di sostituire le casserature tradizionalmente utilizzate in cantiere per la realizzazione di muri in cemento armato con elementi prefabbricati derivati dalla consolidata tecnologia produttiva già in uso per la produzione delle lastre tralicciate (altrimenti dette *predalle*).

L'idea di base consiste nell'accoppiamento di due lastre di calcestruzzo per mezzo di tralicci elettrosaldati spaziali. Si tratta, in buona sostanza, di due superfici parallele in calcestruzzo, distanziate in funzione dell'altezza dei tralicci e da solidarizzare alla fondazione per mezzo di un getto di calcestruzzo di completamento (da realizzare in opera) da effettuarsi all'interno dell'intercapedine tra le due lastre.

In Italia questa tecnologia giunge alla produzione su scala industriale solamente agli inizi degli anni '80 e, dopo vari sviluppi e adattamenti, permette di arrivare alla produzione delle due lastre prefabbricate tramite due distinti getti e grazie ad un dispositivo ribaltatore in grado di accoppiare la prima lastra (facciata) già stagionata alla seconda lastra ancora fresca.

La messa a punto del sistema di pareti a Doppia Lastra è, dunque, il frutto dell'evoluzione di un altro prodotto prefabbricato largamente diffuso ed apprezzato in Italia ed in tutta Europa.

Per i produttori di solai, ben consapevoli degli intrinseci vantaggi delle strutture prodotte industrialmente, si è quindi trattato di applicare la filosofia ispiratrice della produzione industrializzata di solai per produrre elementi verticali prefabbricati da utilizzare nella costruzione di muri in calcestruzzo armato.

Dalle prime idee alle prime realizzazioni il passo è stato breve: dalle pionieristiche produzioni semi-automatizzate si è passati alla messa a punto di sistemi produttivi via via più evoluti ed altamente industrializzati.

In Italia, dalle prime realizzazioni ad oggi, lo sviluppo della Doppia Lastra e la sua diffusione sono in continua ascesa.

Il suo successo è direttamente legato alla intrinseca superiore qualità di tale manufatto rispetto ai tradizionali muri in c.a. realizzati in opera e, soprattutto, ai notevoli vantaggi in fase di cantierizzazione, sempre più apprezzati dalle imprese esecutrici.

Evoluzione, ricerca e sviluppo

Il prodotto ha raggiunto, negli anni, livelli qualitativi e prestazionali elevatissimi e anche i processi produttivi hanno raggiunto uno sviluppo considerevole, arrivando ad automatizzare ed integrare completamente, per mezzo di software integrati con evoluti sistemi di CAD/CAM, la progettazione, la produzione e la logistica.

Sostenibilità e Certificazione LEED®

La produzione negli stabilimenti dell'Azienda è industrializzata e improntata al massimo rispetto dell'ambiente.

L'utilizzo di materiali controllati assicura la coerente applicazione del principio secondo il quale i nostri manufatti vengono prodotti per le persone che vivono, lavorano e devono sentirsi a proprio agio negli edifici costruiti con tali manufatti.

1. LA DOPPIA LASTRA

1.1. Generalità

Scopo della presente guida è presentare un elemento prefabbricato prodotto industrialmente e di recente diffusione sul mercato, caratterizzato da notevoli vantaggi di utilizzo e da ampie possibilità d'impiego in svariati campi del settore dell'edilizia.

Oltre alla presentazione dell'elemento stesso, vengono riportati numerosi esempi che ne illustrano potenzialità e funzionalità, oltre a soluzioni conformi ed utili suggerimenti rivolti ai professionisti orientati ad un utilizzo razionale e proficuo di tali manufatti nell'ambito della progettazione ed esecuzione. La versatilità dell'elemento prefabbricato consente al progettista una grande libertà di utilizzo, nonché la possibilità di definire particolari costruttivi - in accordo con il produttore – calibrati in base alle specifiche esigenze ed abitudini.

E' da sottolineare che i dettagli tecnici riportati nel seguito hanno scopo puramente illustrativo, per cui la loro possibilità esecutiva deve essere contestualizzata nello specifico progetto e di volta in volta verificata sotto la supervisione del Progettista Generale e/o della Direzione Lavori.

Tutte le informazioni raccolte in questo documento prendono le mosse dall'esperienza maturata nel corso degli anni dall'Azienda, in qualità di realtà aderente alla "*Sezione Solai e Doppia Lastra*" di Assobeton, e tengono in considerazione le più recenti normative nazionali ed europee.

1.2. Definizione dell'elemento costruttivo

La Doppia Lastra è un elemento prefabbricato, costituito da due lastre di calcestruzzo armato tra loro parallele, realizzate industrialmente in stabilimento. Le lastre hanno spessore minimo di 5.0 cm e sono poste ad una distanza reciproca variabile tra i 20 cm ed i 100 cm. Le due lastre sono generalmente collegate meccanicamente tra di loro mediante apposita armatura metallica e/o tralicci; al loro interno viene incorporata l'armatura necessaria a garantire la stabilità del muro per la fase transitoria e per la fase di esercizio.

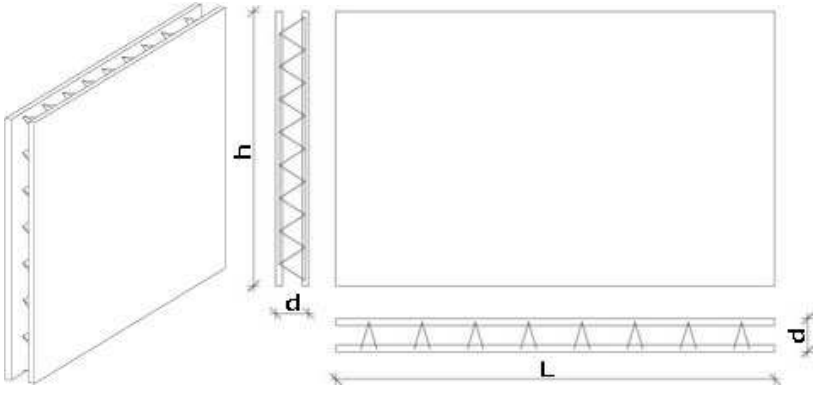


Fig. 1.1

h = altezza della lastra
L = larghezza della lastra
d = spessore totale del muro
s_e = spessore della lastra esterna
s_i = spessore della lastra interna
i = interasse tralicci

Nota: l'altezza "h" della lastra viene convenzionalmente riferita alla dimensione parallela all'andamento dei tralicci elettrosaldati.

Una volta posta in opera e fissata in sicurezza la Doppia Lastra, l'intercapedine tra le due lastre viene riempita con un getto di calcestruzzo di completamento che, a maturazione avvenuta, consente di ottenere una parete in calcestruzzo armato perfettamente monolitica.

Le pareti in c.a. realizzate con l'impiego delle Doppie Lastre si contraddistinguono per essere elementi costruttivi che raccolgono in sé i vantaggi degli elementi prefabbricati - quali velocità di montaggio, praticità e semplicità, economia, altissima qualità e durabilità - mantenendo tutte le peculiarità e la versatilità di un muro in calcestruzzo armato completamente gettato in opera. L'elemento base, costituito dalle due lastre di uguali dimensioni ed accoppiate a seconda dei casi mediante tralicci elettrosaldati o gabbie metalliche realizzate specificatamente, si adatta ad ogni esigenza costruttiva, sia grazie alla vasta gamma di dimensioni disponibili, sia per il fatto che, a seguito di semplici adattamenti in produzione, è possibile ottenere manufatti che consentono la realizzazione di qualsiasi particolare costruttivo.

E' inoltre possibile produrre Doppie Lastre dotate di aperture che consentano l'inserimento di porte o finestre, nonché predisposte per l'inserimento e l'applicazione – in stabilimento - di strati di isolamento *ad hoc* o di inserti di varia natura, come pure dell'impiantistica necessaria (idraulica, elettrica, ecc.). La grande versatilità di produzione permette di impiegare le pareti a Doppia Lastra per realizzazione quali: cantine, silos, serbatoi, muri di sostegno, pareti tagliafuoco, ecc.

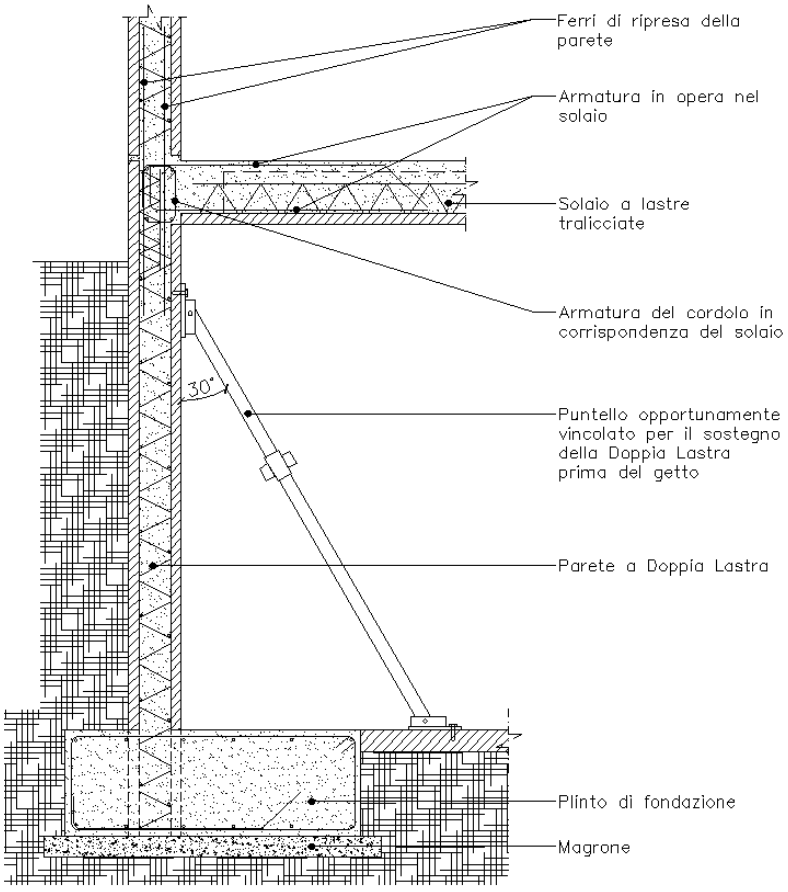

Ferri di ripresa della parete
Armatura in opera nel solaio
Solaio a lastre tralicciate
Armatura del cordolo in corrispondenza del solaio
30°
Puntello opportunamente vincolato per il sostegno della Doppia Lastra prima del getto
Parete a Doppia Lastra
Plinto di fondazione
Magrone

Fig. 1.2 – Esempio di utilizzo della Doppia Lastra nella realizzazione di una parete controterra

1.3. Parete a Doppia Lastra ed altri elementi

Trattandosi di un manufatto altamente flessibile, la Doppia Lastra risulta estremamente utile ed impiegabile in qualsiasi progetto, anche nel caso di edifici o di strutture inizialmente concepite per un'esecuzione in opera di tipo tradizionale. Ad ogni modo, l'ottimizzazione del rapporto tra costi e benefici risulta più facilmente raggiungibile se i progetti - e soprattutto i cantieri - vengono concepiti ed organizzati con logiche volte alla valorizzazione e al massimo sfruttamento dei vantaggi tipici dei manufatti prodotti industrialmente. Per tale motivo risulta di fondamentale importanza interpellare con il giusto anticipo l'ufficio tecnico del produttore, il quale potrà suggerire e proporre le soluzioni più adatte ad ogni esigenza di progetto e nel contempo perfettamente compatibili con la produzione industrializzata.

In funzione delle esigenze progettuali le Doppie Lastre possono essere realizzate con differenti caratteristiche costruttive tra le quali quelle individuate di seguito:

- entrambe le lastre prefabbricate aventi medesime dimensioni;
- due lastre di altezze differenti (veletta per accoppiamento con solaio con funzione di sponda);
- una delle due lastre più arretrata (o corta) rispetto all'altra (per realizzare elementi angolari);
- elementi speciali di dimensioni ridotte rispetto ai moduli standard;
- elementi speciali con smussi e/o tasche per l'alloggiamento di altri prefabbricati (per esempio travi prefabbricate);
- lastre prodotte con calcestruzzi additivati per ottenere specifiche prestazioni (eventualmente anche differenziate per le due lastre);
- lastre realizzate con tutte le armature necessarie per l'esercizio già inserite al loro interno;
- differenti tipi di finiture superficiali, quali:
  - finitura base con fondo cassero metallico (standard industriale);
  - lastre esterne realizzate mediante matrici;
  - lastre esterne con giunti verticali e orizzontali;
  - lastre esterne rivestite in pietra;
  - copriferri delle armature secondo le specifiche esigenze progettuali.

1.4. Vantaggi costruttivi

La Doppia Lastra è un sistema costruttivo relativamente nuovo, che consente di ottenere indubbi ed interessanti vantaggi rispetto ai tradizionali metodi di costruzione. Infatti la Doppia Lastra rappresenta una alternativa alla casseratura in opera che consente la pressoché totale eliminazione dei casseri e/o dei pannelli per il contenimento dei getti delle pareti in c.a. Ciò si traduce, per l'impresa di costruzione, in una sensibile diminuzione dei costi legati all'utilizzo di casseri tradizionali quali ammortamenti annuali, costi di movimentazione, messa in opera, pulizia e manutenzione.

Occorre inoltre sottolineare che il sistema costruttivo a Doppia Lastra consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- produzione di manufatti flessibili e personalizzabili, in grado di soddisfare tutte le esigenze di progettazione e di cantiere;
- ampia varietà dimensionale negli spessori e nei formati;
- elevato grado di compattazione dei getti (impossibile da raggiungere in cantiere e ottenibile grazie ad un perfetto controllo della vibrazione in stabilimento);
- produzione e messa in opera poco influenzate dalle condizioni atmosferiche;

- elevati standard di sicurezza in cantiere;
- alta velocità di posa in opera senza la necessità di manodopera specializzata;
- ottimizzazione del lavoro di cantiere;
- significativi risparmi per la riduzione dei costi di manodopera e dei tempi di cantiere;
- consegne in cantiere *just in time*, quando necessario, per un'organizzazione ottimale del cantiere;
- eliminazione delle fasi di casseratura, scasseratura, pulizia e trasporto dei pannelli e/o delle attrezzature con la relativa eliminazione dei tempi connessi a tali fasi;
- significativa riduzione dei costi di acquisto e ammortamento dei pannelli;
- fornitura di elementi completi dell'armatura come da calcolo del Progettista Generale dell'opera, con possibilità di inserimento di gabbie di armature per la realizzazione di travi e di pilastri;
- possibilità di inserimento di tubazioni per il drenaggio e lo scarico dell'acqua;
- possibilità di definire forometrie o incorporare particolari elementi nel prodotto prefabbricato già in fase di produzione (ad esempio porte, finestre, scatole di derivazione, cavidotti, ecc.);
- elevatissima durabilità grazie al rispetto dei copriferro e un'alta qualità del calcestruzzo;
- superfici esterne lisce oppure con faccia a vista con varie finiture superficiali.

Il sistema a Doppia Lastra assicura la realizzazione di muri monolitici resistenti e massicci, rispondenti ad una vasta gamma di esigenze specifiche ed a costi molto convenienti.

Fig. 1.3 – Esempio di **Bilastra®** posata in opera

2. GAMMA TIPOLOGICA

2.1. Dimensioni e spessore delle Doppie Lastre

L'alta industrializzazione e la notevole flessibilità produttiva si prestano all'impiego in qualsiasi opera; tuttavia i maggiori vantaggi connessi all'utilizzo della Doppia Lastra si ravvisano nei casi in cui il progetto esecutivo presenta una logica modulare.

Nella maggior parte dei casi - ma la situazione può presentare variazioni da produttore a produttore - le Doppie Lastre vengono prodotte con dimensioni modulari aventi le seguenti larghezze:

- modulo da 120 cm;
- moduli da 240 cm o da 250 cm;
- elemento parete di maggiori dimensioni (fino a 3.30 m x 11.50 m).

Il *range* di produzione più diffuso è compreso tra i tre e i sei metri di altezza con spessori da 20 cm a 40 cm; tuttavia l'Azienda produce abitualmente elementi con altezze superiori a 9.0 m e spessori superiori a 1.0 m.

Strettamente legati all'altezza massima della Doppia Lastra sono gli spessori delle due lastre prefabbricate. Normalmente esse vengono prodotte con spessori variabili tra i 5.0 ed i 7.0 cm per garantire un'adeguata rigidezza in fase di movimentazione e di montaggio e per soddisfare le caratteristiche strutturali e prestazionali previste a progetto (per es. un adeguato ricoprimento delle armature, specifiche esigenze di resistenza al fuoco, elevate resistenze ad ambienti particolarmente aggressivi, ecc.). Spessori maggiori possono comunque essere realizzati in funzione alle esigenze strutturali dell'opera da realizzare.

2.2. Possibilità realizzative

Le Doppie Lastre possono essere progettate e realizzate con dimensioni e finiture adatte a qualsiasi esigenza dell'edilizia tradizionale e/o delle infrastrutture.

Di seguito vengono indicativamente elencate alcune delle applicazioni normalmente coperte dalla Doppia Lastra, per quanto l'estrema flessibilità produttiva del manufatto ne consenta i più svariati impieghi, supportando la fantasia e le esigenze del progettista:

- realizzazione di edifici residenziali (abitazioni, garage, scantinati, ecc.);
- costruzioni industriali e commerciali (setti portanti, pareti divisorie, tamponamento di capannoni, ecc.);
- infrastrutture stradali e ferroviarie;
- opere idrauliche (vasche, piscine, serbatoi, strutture scatolari, ecc.);
- costruzioni sotterranee (tunnel, canali);
- costruzioni agricole (stalle, fienili, concimaie, vasche di decantazione, ecc.);
- muri tagliafuoco;
- muri di sostegno e contenimento delle terre;
- muri di recinzione.

E' altresì possibile realizzare strutture ibride nelle quali integrare elementi prefabbricati in costruzioni in opera. Facendo ricorso alla Doppia Lastra è possibile costruire elementi come vani scala, vani ascensore e setti sismo-resistenti sfruttando i vantaggi in termini di tempistica e di risparmio economico tipici di questa tecnologia.

Fig. 2.1 – Esempi di vani ascensore realizzati con tecnologia **Bilastra®** in un cantiere in provincia di Torino

2.3. Tolleranze

Fino al 01 luglio 2009, data della definitiva entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni le Doppie Lastre, quali manufatti prefabbricati, dovevano rispettare i parametri stabiliti dal D.M. Min. LL.PP. 03.12.1987: *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*, nel quale le tolleranze geometriche di produzione erano definite come segue;

- tolleranze sulle dimensioni lineari ortogonali: ± 20 mm;
- tolleranze sullo spessore: ± 10 mm.

Grazie a processi produttivi altamente industrializzati ed ai rigorosi controlli effettuati in produzione è stato possibile ridurre le tolleranze di produzione delle Doppie Lastre fino alla metà dei valori indicati dalla vecchia norma.

È stato, in tal modo, possibile adottare rispettivamente ± 10 mm per le dimensioni lineari ortogonali e ± 5 mm sullo spessore.

Dall'entrata in vigore delle norme armonizzate le tolleranze sono state ridefinite dalle specifiche norme di prodotto in abbinamento alla norma UNI EN 13369: *Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo*.

Le norme di prodotto di interesse per quanto attiene le Doppie Lastre, in funzione dello specifico impiego previsto, sono le seguenti:

- UNI EN 14992: *Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi da parete*;
- UNI EN 15258: *Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi per muri di sostegno*.

Le suddette norme sono entrate definitivamente in vigore con valore di cogenza rispettivamente in data 30.04.2010 e 31.07.2010, al termine del periodo transitorio.

A partire da tale data in avanti, le norme armonizzate - che hanno completamente ridefinito le tolleranze vigenti nel nostro Paese (finalmente uguali in tutta Europa) - costituiscono attualmente gli unici riferimenti normativi.

Si fa globalmente riferimento a due classi di tolleranza, la Classe A (più restrittiva) e la Classe B (meno restrittiva).

A meno di prescrizioni progettuali molto particolari, la Classe B si applica a tutti gli elementi; per ottenere prodotti con tolleranze minori occorre esplicitamente prescrivere e richiedere manufatti in Classe A di tolleranza.

Nota: La Classe A è stata definita per andare incontro a particolari esigenze dei produttori del Nord Europa che producono elementi di facciata di piccole dimensioni e di elevatissimo pregio architettonico da fissare a strutture metalliche con tolleranze molto piccole.

Per quanto attiene le tolleranze dimensionali relative ai seguenti gruppi omogenei, la norma: UNI EN 14492 prevede quanto riportato in altrettanti prospetti:

- Posizionamento di aperture e inserti (Prospetto 1 UNI EN 14992)
- Lunghezze, altezze, spessori e diagonali (Prospetto 2 UNI EN 14992)
- Planarità delle superfici (Prospetto 3 UNI EN 14992)

Di seguito si riportano i suddetti tre prospetti estratti dalla noma UNI EN 14492.

Classe	Scostamenti permessi
A	± 10 mm
B	± 15 mm

Prospetto 2.1 – Tolleranze di posizionamento di aperture ed inserti

Classe	Scostamenti permessi				
	Dimensioni base				
	0 – 0,5 m	0,5 m – 3m	> 3 m – 6 m	> 6 m – 10 m	> 10 m
A	± 3 mm [1]	± 5 mm [1]	± 6 mm	± 8 mm	± 10 mm
B	± 8 mm	± 14 mm	± 16 mm	± 18 mm	± 20 mm
1) ± 2 mm in caso di piccoli pannelli per rivestimento					

Prospetto 2.2 – Tolleranze dimensionali (lunghezze, altezze, spessori, diagonali)

Nota: Le tolleranze dimensionali relative a lunghezza, altezza, spessore e lunghezza delle diagonali sono definite in funzione della classe di tolleranza adottata e delle dimensioni base del manufatto.

Classe	Scostamento con distanza tra i punti di misura fino a	
	0.2 m	3.0 m
A	2 mm	5 mm
B	4 mm	10 mm

Prospetto 2.3 – Tolleranze riguardanti la planarità delle superfici

Nota: Per quanto riguarda la planarità, la Classe A si applica in genere alle superfici gettate contro cassero metallico, mentre la Classe B si applica alle altre superfici.

Al contrario, la norma UNI EN 15258 non definisce alcuna tolleranza; in tal caso, per quanto riguarda la dimensione trasversale L e il copriferro c, si fa riferimento al prospetto 4 contenuto nella norma UNI EN 13369.

Dimensione di riferimento della sezione trasversale nella direzione da verificare	ΔL [mm]	Δc [mm]
L ≤ 150 mm	+ 10 - 5	± 5
L = 400 mm	± 15	+ 15 - 10
L ≥ 2500 mm	± 30	+ 30 - 10
Interpolazione lineare per valori intermedi. **Nota 1** ΔL e i valori positivi di Δc (tolleranza superiore ammessa) sono forniti per garantire che gli scostamenti nelle dimensioni della sezione trasversale e nella posizione dell'armatura non eccedano i valori coperti dai coefficienti di sicurezza pertinenti negli Eurocodici.		

Nota 2
I valori negativi di Δc (tolleranza inferiore ammessa) sono indicati ai fini della durabilità.

Nota3
Particolari esigenze funzionali dei prodotti possono richiedere tolleranze più strette.

Nota 4
I valori indicati possono essere modificati da norme di prodotto

Prospetto 2.4 – Tolleranze riguardanti sezione trasversale L e copriferro c

Occorre rammentare che gli elementi prefabbricati hanno una dimensione nominale modulare ed una dimensione effettiva: per le fasi di montaggio deve essere considerato che gli elementi a Doppia Lastra vanno posti in opera accostati l'uno all'altro.

Questo aspetto deve essere opportunamente considerato scegliendo le modalità di montaggio più adatte al progetto specifico; non esiste una regola generale valida sempre, ma si deve definire la sequenza di montaggio tenendo in debita considerazione anche tali aspetti.

Per tale motivo i produttori che definiscono gli schemi di posa ne tengono debitamente in conto prevedendo degli opportuni *sfoghi* per gestire adeguatamente le tolleranze di produzione e di montaggio, prevedendo dei giunti oppure realizzando elementi speciali di completamento.

Per quanto riguarda le tolleranze di montaggio (posizionamento in orizzontale, posizionamento in quota, verticalità) sarà il Progettista Generale dell'opera a stabilirle e l'impresa acquirente delle Doppie Lastre le dovrà preventivamente comunicare al produttore per le opportune verifiche.

2.4. Flessibilità del sistema a Doppia Lastra

Nel presente paragrafo vengono illustrate alcune delle principali applicazioni del sistema costruttivo a Doppia Lastra, adattabile a qualsiasi esigenza sia di carattere architettonico che strutturale.

Mediante l'utilizzo di elementi a Doppia Lastra opportunamente dimensionati è altresì possibile realizzare pareti ad andamento curvilineo in grado di ricalcare con notevole precisione e adesione le geometrie determinate in fase di progetto.

Le possibilità realizzative, in fase di produzione, sono molteplici e permettono di operare con il massimo della libertà. Pertanto, all'occorrenza, è opportuno che il Progettista sottoponga il progetto al produttore al fine di permettere a quest'ultimo l'effettuazione di un esame preventivo delle possibili problematiche.

2.4.1. Costruzioni multipiano

La versatilità del sistema consente di realizzare strutture con pareti portanti multipiano e di collegarle in modo monolitico alle strutture ed ai solai adiacenti. Si possono adottare due distinte modalità realizzative.

La prima prevede l'utilizzo di Doppie Lastre di altezza all'incirca pari all'interpiano su cui viene impostato il solaio, a cui segue la successiva posa dei livelli superiori (Fig. 2.2).

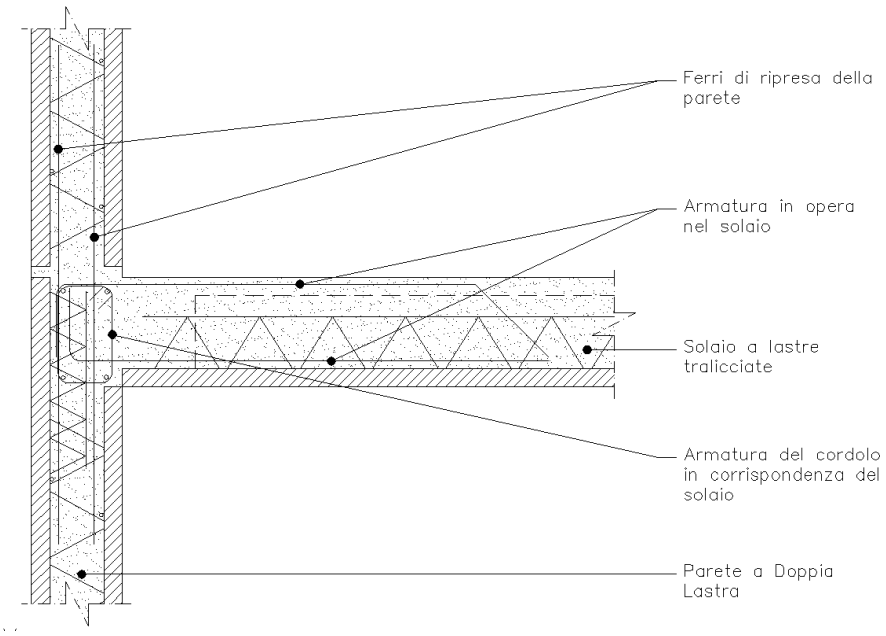

Ferri di ripresa della parete
Armatura in opera nel solaio
Solaio a lastre tralicciate
Armatura del cordolo in corrispondenza del solaio
Parete a Doppia Lastra

Fig. 2.2 – Soluzione con Doppia Lastra con altezza pari all'interpiano con armatura aggiuntiva costituita da gabbie di armatura e barre

Adottando questa soluzione si rende necessario realizzare elementi a Doppia Lastra composti da lastre di differenti altezze, al fine di ricavare lo spazio per consentire l'innesto degli elementi costituenti il solaio d'interpiano.

La seconda soluzione prevede invece l'utilizzo di Doppie Lastre di altezza pari a più livelli, già dotate di idonee tasche per l'inserimento dei solai e delle armature di collegamento (Fig. 2.3).

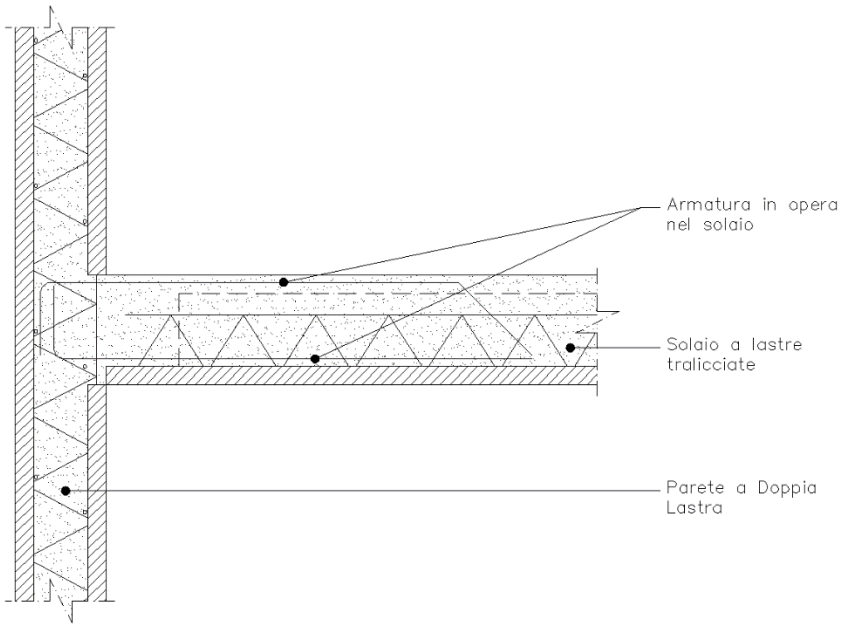


Fig. 2.3 – Soluzione con Doppia Lastra multipiano

Adottando questa soluzione è possibile ridurre in modo considerevole i tempi di posa e di realizzazione e, nel contempo, ottenere una diminuzione dei rischi correlati all'espletamento delle attività di montaggio.

Nel caso di strutture multipiano interrate, l'utilizzo della seconda soluzione permette poi di realizzare un'utile barriera tra il fronte dello scavo e la zona di lavoro (Fig. 2.4).

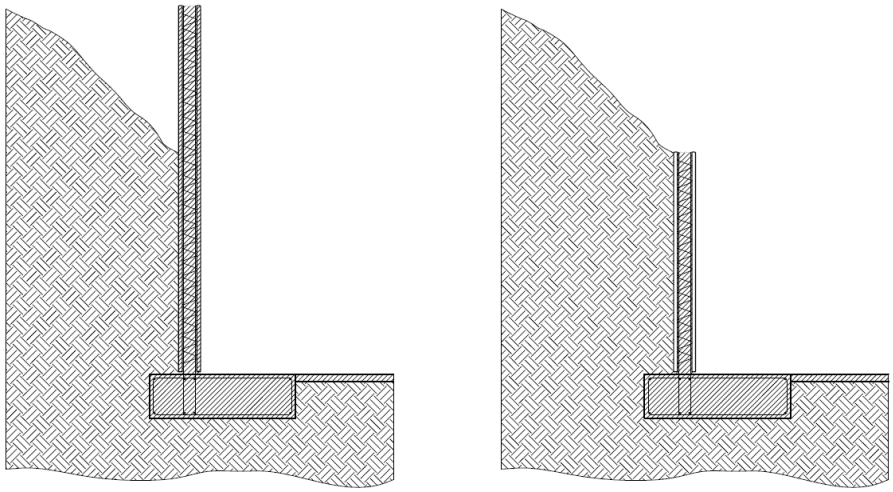


Fig. 2.4 - Muri controterra

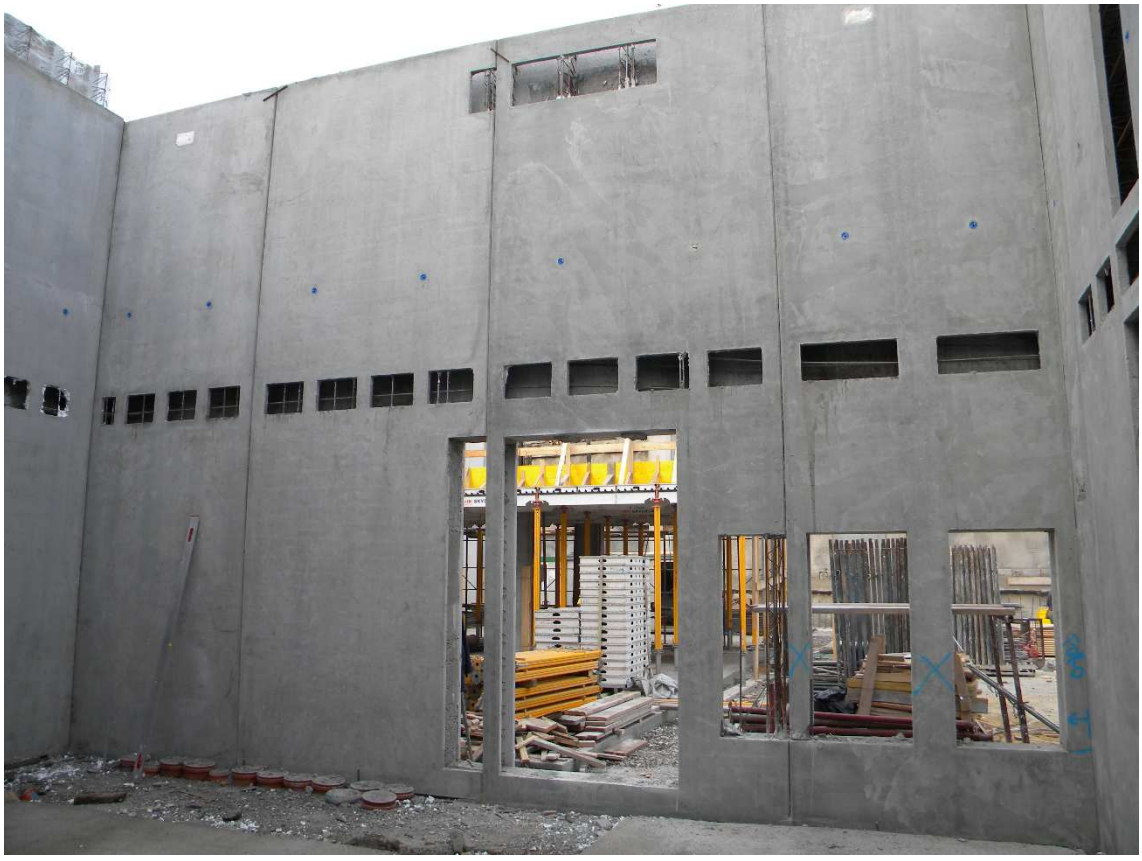


Fig. 2.5 – Esempio di **Bilastra®** multipiano con tasche di inserimento per solaio

2.4.2. Impiantistica e forometrie

L'elemento Doppia Lastra consente l'inserimento, durante la fase di produzione in stabilimento, di una vasta gamma di dispositivi e/o inserti che si adattano alle specifiche necessità ed esigenze del progetto. Tra i dispositivi più frequentemente inseriti si possono annoverare:

- profili di ancoraggio;
- dispositivi per riprese di getto**;**
- inserimento di tubazioni di varia natura;
- inserimento di scatole per impianti elettrici o speciali;
- realizzazione di fori con inserimento di griglie di aerazione;
- inserimento di piastre metalliche.

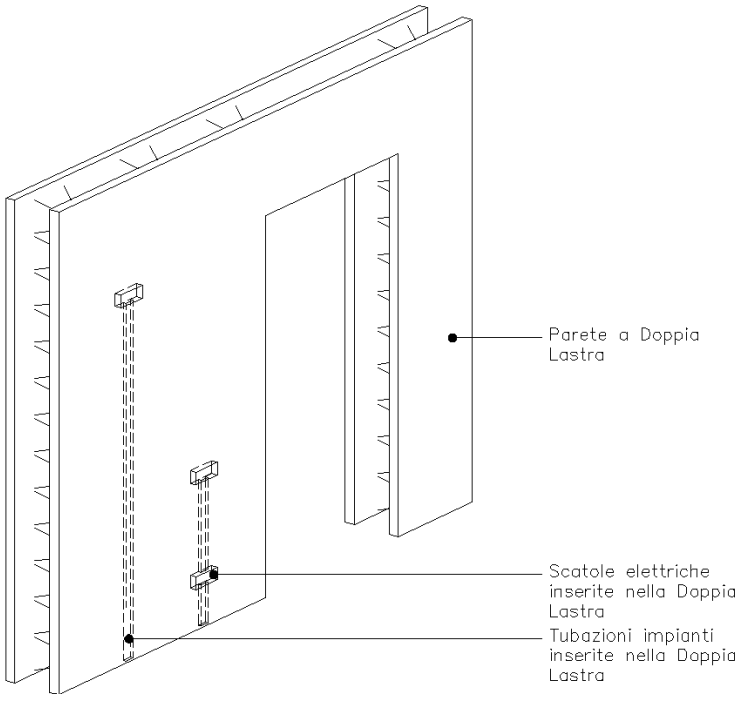

Parete a Doppia Lastra
Scatole elettriche inserite nella Doppia Lastra
Tubazioni impianti inserite nella Doppia Lastra

Fig. 2.6 - Parete modulare con la predisposizione dell'impiantistica elettrica

2.4.3. Porte e finestre

Le pareti a Doppia Lastra possono essere realizzate con aperture atte all'inserimento di porte e finestre aventi le dimensioni previste a progetto.

In fase di produzione dell'elemento prefabbricato è possibile realizzare una semplice apertura, oppure può inserire un controtelaio dotato di opportuni dispositivi che ne garantiscano il fissaggio anche al getto di completamento. Tali aperture devono essere completate con opportune armature lungo tutto il loro perimetro.

L'armatura può essere costituita da tralicci posti sui lati verticali dell'apertura e da barre sui bordi orizzontali. A richiesta è possibile predisporre diverse varianti delle armature di rinforzo, per esempio barre d'armatura diagonali in prossimità degli spigoli delle aperture.

Per quanto riguarda le aperture delle porte è necessario predisporre, alla base della lastra, un'armatura di rinforzo che assicuri l'integrità dell'elemento prefabbricato durante le fasi di movimentazione, trasporto e messa in opera.

In determinati casi è possibile:

a) rimuovere tale armatura a posa in opera completata
b) dotare la parete di un piccolo getto di collegamento inferiore in calcestruzzo armato che, ad opera finita, può fungere da sponda per l'eventuale getto dei massetti e del pavimento.

Blocchi finestre o blocchi porte completi possono essere incorporati direttamente in stabilimento all'interno delle Doppie Lastre.

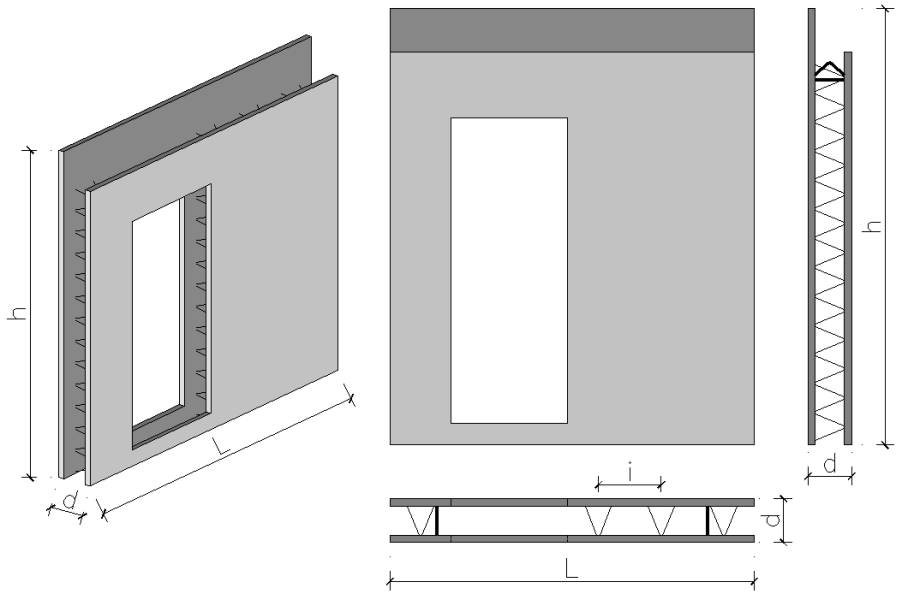


Fig. 2.7 Parete modulare con la predisposizione di un vano porta

La predisposizione delle aperture può essere effettuata in diversi modi come illustrato nella figura seguente.

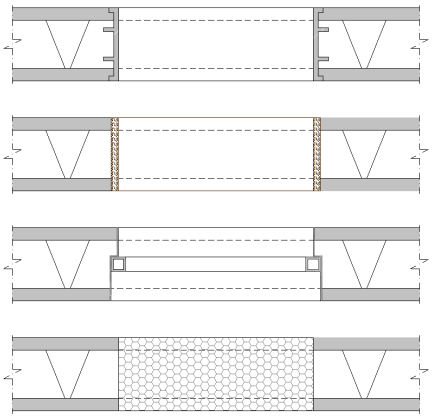


Fig. 2.8 a, b, c, d - Dettagli tipici per l'inserimento di porte e finestre.

2.8 a	Utilizzo di elementi di chiusura in GRC che consentono di ottenere il faccia vista uguale alle altre superfici.
2.8 b	Inserimento di un telaio in legno
2.8 c	Inserimento di un telaio in PVC o metallo
2.8 d	Realizzazione di forometrie tramite l'utilizzo di blocchi di polistirolo

2.4.4. Doppia Lastra con fondazione integrata (Bilbot®)

Esistono due diverse modalità per effettuare l'ancoraggio alla fondazione di una parete portante realizzata mediante Doppia Lastra:

1. la prima prevede la posa della Doppia Lastra su una fondazione tradizionale, armata e gettata in opera con le usuali chiamate per la ripresa di getto;
2. la seconda prevede l'utilizzo di un elemento a Doppia Lastra particolare, il quale integra - totalmente od in parte - l'armatura di fondazione.

Nel secondo caso la Doppia Lastra – che assume il nome commerciale di **Bilbot®** - è completa delle armature di collegamento con la fondazione e viene posata direttamente sopra il magrone, senza necessità di sostegni che la mantengano in posizione eretta.

Detta soluzione velocizza significativamente le operazioni di realizzazione della struttura poiché consente di eseguire contemporaneamente muro e fondazione.

Un elemento **Bilbot®** è normalmente composto da due lastre di differente lunghezza (da ora in poi lastra A, la più lunga, e lastra B, la più corta) collegate da tralicci in acciaio.

L'armatura della fondazione può o meno essere inclusa nella fornitura in base alle richieste del committente e/o del progettista.

Mediante utilizzo della tecnologia **Bilbot®** è possibile realizzare:

- fondazioni zoppe

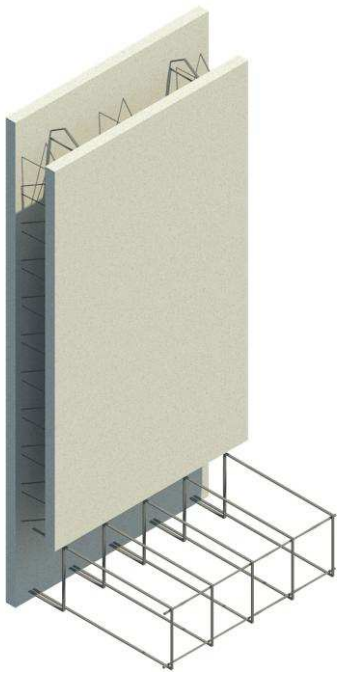


Fig. 2.9 - Doppia Lastra con fondazione zoppa, completa di armatura

- fondazioni simmetriche o asimmetriche (cioè rispettivamente con "ciabatta" di fondazione simmetrica o asimmetrica):

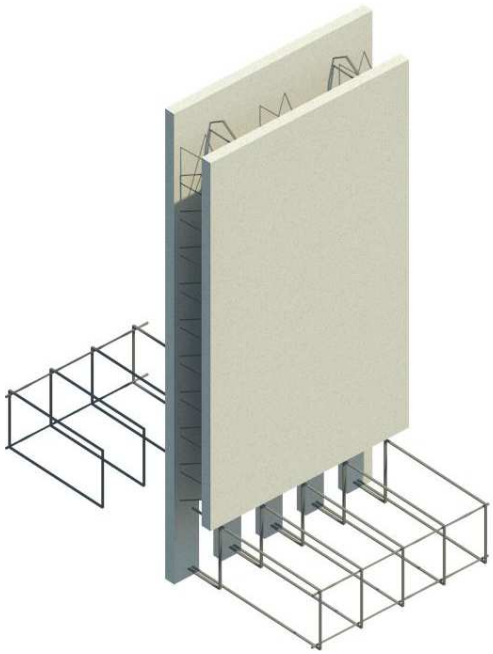


Fig. 2.10 - Doppia Lastra per fondazione simmetrica o asimmetrica, completa di armatura.

Nota: L'utilizzo delle Doppie Lastre con fondazione integrata consente l'ottimizzazione dei costi e delle fasi lavorative in cantiere, nonché la riduzione dei rischi legati alla sicurezza in cantiere.

Di seguito alcune fotografie scattate in cantiere e recanti pareti con fondazione integrata realizzate mediante utilizzo di lastre **Bilbot®**

Fig. 2.11 Fasi di realizzazione di un muro controterra con fondazione integrata.

Gli elementi **Bilbot®** possono altresì essere realizzati con lastra A intera (elementi normalmente utilizzabili nel caso di fondazioni zoppe con armatura di fondazione integrata e inclusa nella fornitura) oppure con lastra A dentellata (elementi normalmente utilizzabili nel caso di fondazioni simmetriche o asimmetriche).

Nota: Qualora l'armatura della fondazione non sia prevista nella fornitura, per consentire all'elemento **Bilbot®** di rimanere in posizione eretta senza necessità di sostegni, si fa in modo che le due lastre abbiano uguale altezza e che la lastra B sia dentellata.
In tal modo è possibile creare le tasche per il posizionamento delle armature di fondazione.

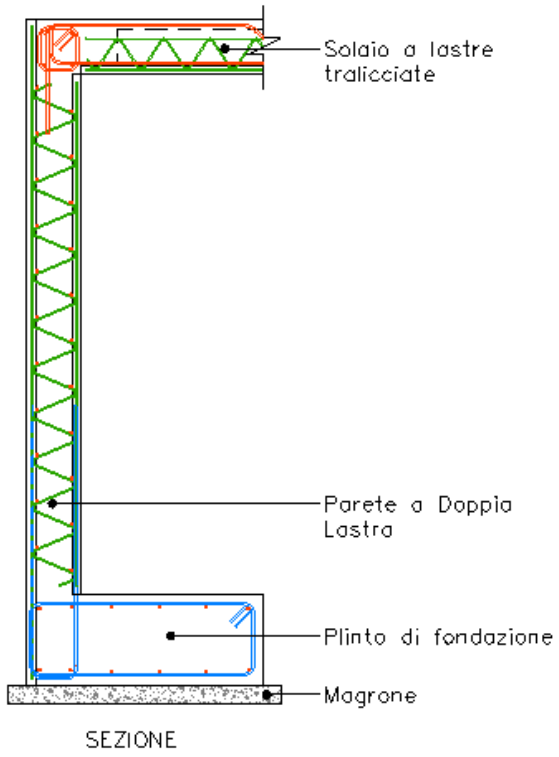
Di seguito si riportano alcuni dettagli costruttivi delle armature tipici delle pareti a Doppia Lastra:

- con fondazione integrata zoppa (con lastra A intera e lastra B di minore lunghezza oppure con lastra A intera e lastra B dentellata di pari lunghezza);
- con fondazione simmetrica/asimmetrica (con lastra A dentellata e lastra B più corta oppure con entrambe le lastra dentellate e di pari lunghezza).

Nelle seguenti illustrazioni verrà applicata la seguente legenda:

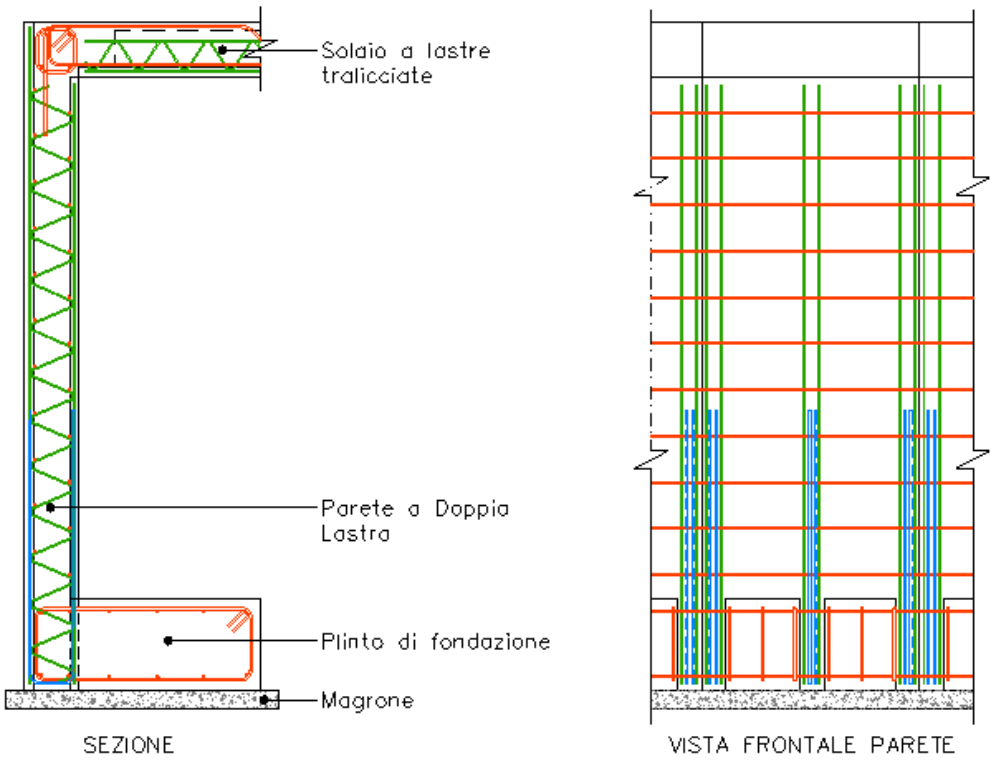
	Ferro incorporato nella Doppia Lastra
	Ferro in opera
	Traliccio incorporato nella Doppia Lastra

Bilbot® per fondazione zoppa con lastra A intera, lastra B corta e armatura della fondazione incorporata

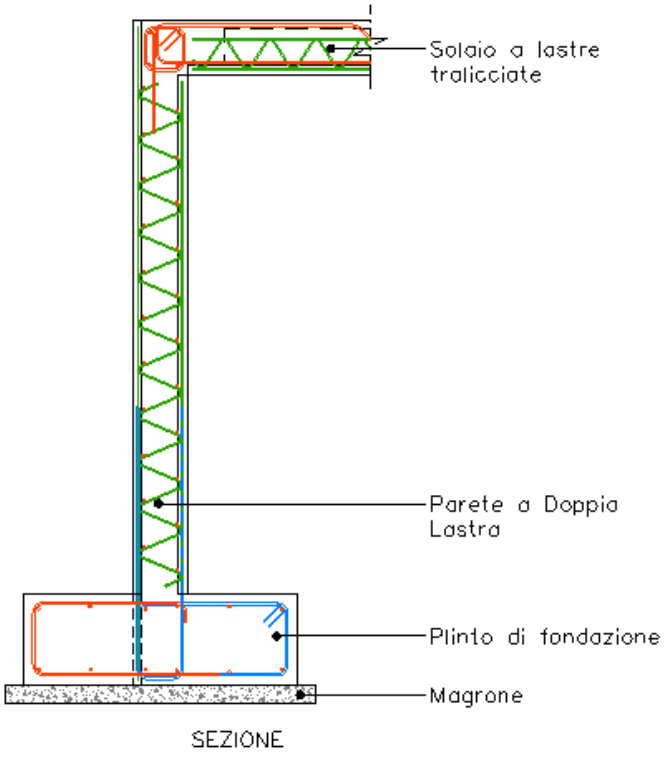


SEZIONE

Bilbot® per fondazione zoppa con lastra A intera, lastra B dentellata e armatura della fondazione in opera



Bilbot® per fondazione simmetrica/asimmetrica con lastra A dentellata, lastra B corta e armatura della fondazione parzialmente incorporata



Bilbot® per fondazione simmetrica/asimmetrica con entrambe le lastre dentellate e armatura della fondazione completamente in opera

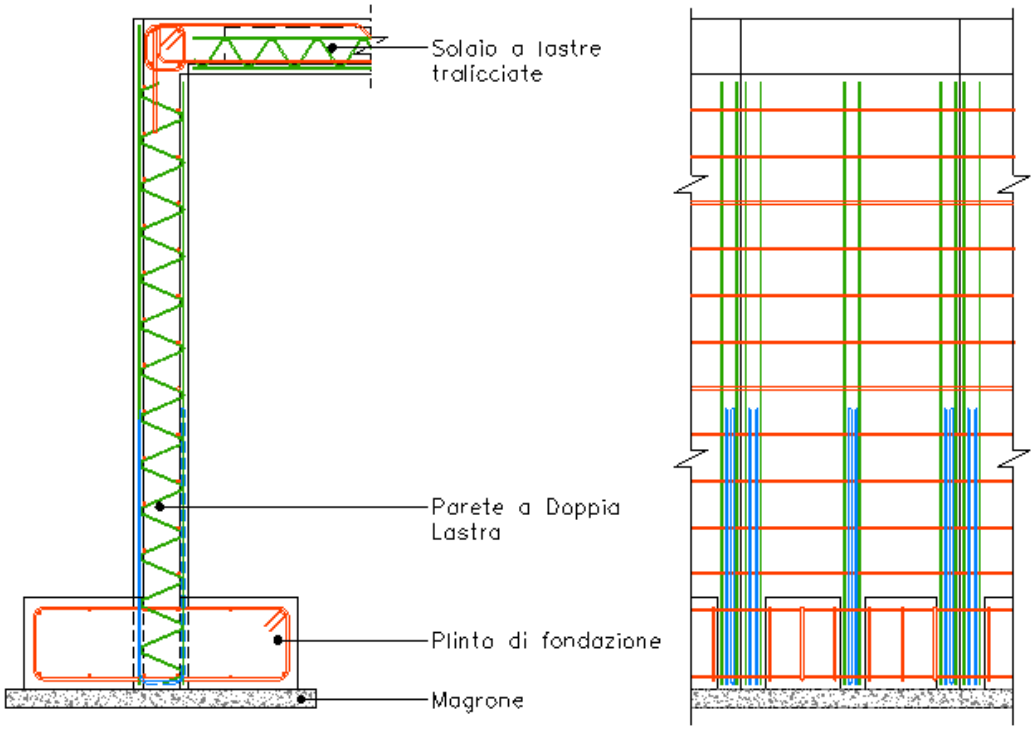
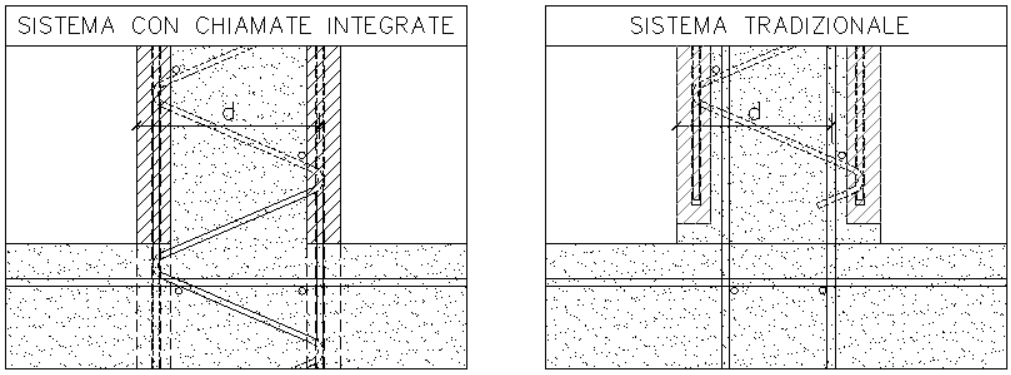


Fig. 2.12 a, b, c, d – Dettagli costruttivi lastre **Bilbot®**

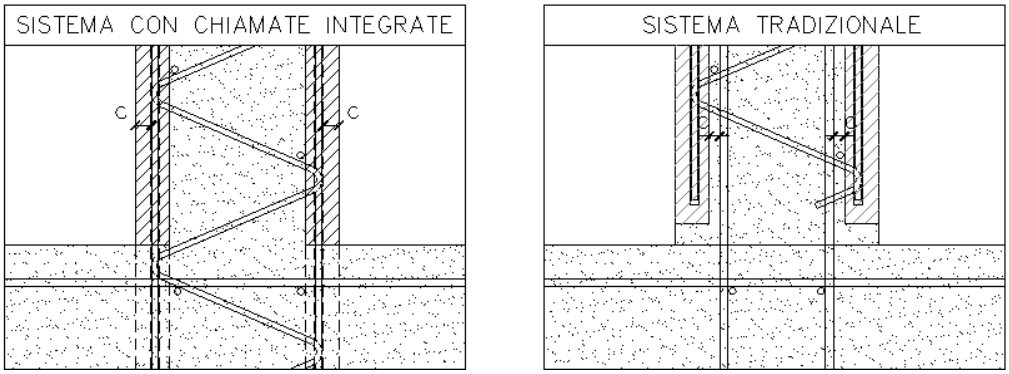
La tecnologia **Bilbot®** offre soluzioni in grado di risolvere brillantemente alcuni aspetti critici tipicamente legati alla realizzazione delle *chiamate* (ferri di ripresa) in fondazione, attraverso un'evoluzione dell'elemento standard.

In tale soluzione la Doppia Lastra viene appoggiata direttamente sul magrone e solidarizzata al getto in opera della fondazione mediante opportune *tasche* e chiamate d'armatura già presenti nell'elemento prodotto in stabilimento. In particolare, sono stati perfezionati i seguenti aspetti:

1. sfruttamento di tutta la sezione: l'altezza utile della sezione (d) è pari a quella di un muro gettato in opera (mentre nel sistema tradizionale l'altezza utile è ridotta dalla necessità di inserire le armature di ripresa all'interno delle lastre prefabbricate);



2. copriferro (c) e durabilità in corrispondenza dell'interfaccia tra elemento prefabbricato e getto in opera della fondazione: le due lastre prefabbricate, proseguendo in fondazione, offrono una protezione continua ai ferri d'armatura. La produzione in stabilimento garantisce una maggiore precisione nel controllo dello spessore c



3. Resistenza a taglio: rispetto al sistema tradizionale, il sistema con chiamate integrate offre un ulteriore contributo di resistenza al taglio, dato dalla resistenza del calcestruzzo.

2.4.5. Muri realizzati con Doppie Lastre con paramenti inclinati

Oltre alle realizzazioni già elencate, il sistema a Doppia Lastra supporta totalmente la creatività del Progettista consentendo altre innumerevoli realizzazioni.

Per esempio, nel caso di muri controterra e in particolare per quanto riguarda infrastrutture stradali o ferroviarie, è possibile realizzare Doppie Lastre le cui singole lastre presentino inclinazioni diverse.

In tal caso l'armatura di confezionamento della Doppia Lastra non è costituita da tralicci, ma da apposite gabbie d'armatura sagomate *ad hoc* ed opportunamente irrigidite.

Fig. 2.13 – Esempio di **Bilastra®** con paramento inclinato

2.4.6. Doppie Lastre con finiture e/o rivestimenti particolari

In molti casi è possibile realizzare Doppie Lastre con paramento esterno a vista rivestito con materiali di varia natura, in accordo con quanto eventualmente previsto dal progetto architettonico.

Generalmente è possibile realizzare:

- rivestimenti con materiali lapidei ad *opera incerta* o a corsi regolari (porfido, granito, ecc.);
- rivestimento con materiali sintetici (riagglomerati, pietra ricostruita, finta pietra);
- utilizzo di matrici in gomma applicate "in negativo" direttamente al calcestruzzo;
- superfici in ghiaietto lavato;
- superfici colorate con ossidi;
- rivestimenti antirumore;
- rivestimenti con pannelli di diversa natura.

Fig. 2.14 - Realizzazione con pannelli rivestiti in pietra in Val di Cembra (Trentino – Alto Adige)

2.4.7. Muri a Doppia Lastra con pilastri integrati

Grazie alla flessibilità del sistema è possibile realizzare agevolmente dei pilastri all'interno della parete realizzata con Doppia Lastra.

Alcuni semplici esempi delle potenzialità realizzative di tale tecnologia sono riportati nella figura sottostante.

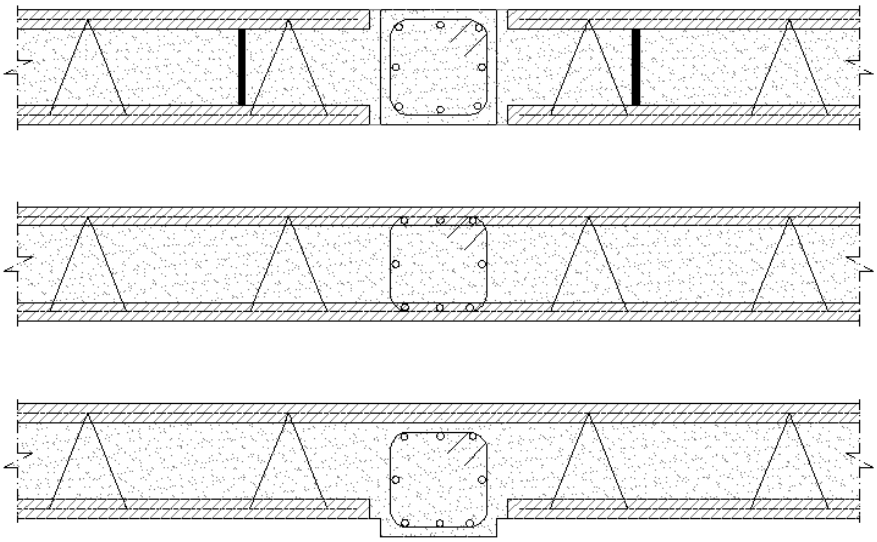


Fig. 2.15 - Particolare di inserimento dei pilastri nella parete a Doppi Lastra

2.4.8. Doppia Lastra a taglio termico con isolamento integrato

Recentemente sono state sviluppate nuove tecnologie che permettono la fabbricazione di elementi Doppia Lastra completi dell'isolante.

In questo modo è possibile realizzare elementi che assolvono congiuntamente sia ai requisiti strutturali (azioni statiche, sismiche e resistenza al fuoco) ma anche quelli importantissimi della coibentazione degli involucri opachi in accordo alle vigenti normative in materia di isolamento termico e contenimento energetico. Tali sistemi offrono di fatto una soluzione costruttiva molto avanzata dal punto di vista dell'integrazione delle funzioni.

Sistemi costruttive con le suddette caratteristiche vengono spesso integrati con altri elementi di produzione industriale utilizzati per la realizzazione di solai, impianti, serramenti e delle relative connessioni (studiate con il preciso scopo di risolvere o mitigare il problema dei ponti termici e/o acustici). Lo spessore dell'isolamento può variare in base alle specifiche esigenze di progetto.

Nelle soluzioni proposte l'isolamento termico viene inserito in fase di produzione in stabilimento all'interno delle Doppie Lastre, in maniera tale da non dover lasciare esposto verso l'esterno l'isolante come nelle ordinarie soluzioni con rivestimento a "cappotto", con tutti i conseguenti possibili rischi di danneggiamento, in particolare nelle porzioni di edificio collocate più in basso. In questo modo l'isolante è ben protetto all'interno di una robusta lastra in c.a.

L'utilizzo di elementi Doppia Lastra con isolamento integrato velocizza molto le successive fasi di finitura e riduce notevolmente i costi complessivi di realizzazione della parete.

Fig. 2.16 Esempio di Doppia Lastra a taglio termico integrato.

Fig. 2.17 Doppia Lastra a taglio termico integrato

2.4.9. Doppia Lastra con sistema impermeabilizzante

Tutte le tipologie precedentemente descritte possono essere accessoriate con sistemi impermeabilizzanti spesso richiesti e ormai indispensabili per tutte quelle pareti destinate alla realizzazione di strutture interrate, vasche, piscine, gallerie e tunnel.

Congiuntamente con i maggiori produttori di sistemi impermeabilizzanti sono state inoltre sviluppate diverse soluzioni che, combinando l'utilizzo di additivi per calcestruzzo e di particolari accessori di sigillatura, consentono la completa tenuta all'acqua senza l'ausilio di una successiva messa in opera di impermeabilizzazioni bituminose e/o sistemi di drenaggio per prevenire infiltrazioni di acqua attraverso la parete in calcestruzzo.

Questa soluzione consente, di fatto, di effettuare un rigoroso controllo del processo realizzativo, con la possibilità di avere una garanzia reale con un unico referente.

Per ottenere un buon risultato è necessaria una vera e propria progettazione finalizzata alla definizione dei frazionamenti dei muri e dei raccordi con le fondazioni, nonché di tutti i particolari costruttivi necessari per ottenere un risultato finale ottimale.

Questa recente soluzione, suscettibile di ampi margini di sviluppo, rimane attiva per tutta la vita utile dell'edificio e non presenta decadimenti nel tempo.

Inoltre, tramite la sua applicazione è possibile evitate il posizionamento degli operatori sul lato esterno del muro (lato dello scavo) per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione, con notevole riduzione dei rischi e dei tempi di realizzazione dell'opera.

Fig. 2.18 Esempio di applicazione del sistema impermeabilizzante integrato in un muro controterra. Si può notare la notevole riduzione dello sbancamento a monte scavo.

Un'ulteriore soluzione tecnologica è quella che prevede una più tradizionale applicazione di guaina bituminosa su una delle due lastre, direttamente in stabilimento.

Tale guaina è provvista di sporgenze necessarie alla messa in opera in cantiere; una volta effettuato il getto di completamento si eseguono le sovrapposizioni ed i risvolti lungo tutti i giunti al fine di ottenere una perfetta tenuta senza soluzione di continuità.

3. MATERIALI

3.1. Generalità

I materiali utilizzati nella produzione delle Doppie Lastre sono essenzialmente calcestruzzo e tralicci elettrosaldati in acciaio. Oltre a questi materiali le lastre possono essere generalmente completate con reti elettrosaldate e/o barre di acciaio per calcestruzzo armato.

Calcestruzzo e tralicci giocano un ruolo fondamentale in relazione alle possibilità realizzative e prestazionali:

- il calcestruzzo offre notevoli potenzialità correlate all'abbinamento con opportuni additivi e/o aggiunte in grado di esaltarne e migliorarne alcune caratteristiche al fine di rispondere alle specifiche esigenze di ogni progetto;
- i tralicci in acciaio, con riferimento alla gamma delle altezze disponibili sul mercato, definiscono lo spessore finale della parete realizzabile con Doppie Lastre armate con tralicci.

Tutti i materiali utilizzati nella produzione delle Doppie Lastre devono rispondere alle vigenti normative tecniche nazionali. Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni le caratteristiche meccaniche dei materiali devono far riferimento alle specifiche ivi stabilite.

Come previsto dalle Norme Tecniche stesse, si rammenta che tutte le materie prime rientrano nell'ambito di applicazione del Regolamento n. 305/2011 (UE) relativo ai prodotti da costruzione; esse sono dunque oggetto di Marcatura CE qualora la norma di riferimento risulti già pubblicata e cogente.

Alla data di pubblicazione della presente guida, i prodotti da costruzione relativi alla produzione delle Doppie Lastre di cui è cogente la Marcatura CE, sono quelli riportati nel prospetto seguente.

Prodotto	Norma armonizzata
Cemento	UNI EN 197/1
Aggregati normali per calcestruzzo	UNI EN 12620
Additivi per calcestruzzo	UNI EN 934

Prospetto 3.1 – Norme armonizzate delle materie prime utilizzate.

Per quanto riguarda l'acqua d'impasto, si fa riferimento alla norma UNI EN 1008 la quale fissa dei requisiti di accettazione finalizzati ad escludere che:

- inquinanti di natura organica possano rallentare la cinetica di idratazione con inevitabili ripercussioni negative sui tempi di disarmo delle strutture;
- eventuali tensioattivi possano promuovere indesiderati inglobamenti di aria nel calcestruzzo con conseguenti abbattimenti delle prestazioni meccaniche;
- tracce di olio o di grasso possano determinare sia un rallentamento dello sviluppo delle resistenze che una diminuzione dell'adesione all'interfaccia pasta-aggregato con irrimediabili riduzioni delle prestazioni meccaniche. La presenza di oli e grassi, inoltre, potrebbe causare la comparsa di antiestetiche macchie sulla superficie dei manufatti;
- la presenza di sostanze acide produca forti ritardi dell'idratazione del cemento con conseguenze più dannose di quelle derivanti dall'eccesso di sostanze di natura organica.

Gli acciai invece, risultando ad oggi privi di una norma di prodotto armonizzata, devono risultare conformi alle prescrizioni fornite dalle NTC nazionali.

Tali regolamenti prevedono che gli acciai impiegati debbano essere a) qualificati all'origine secondo le procedure definite al § 11.3.1.2, b) controllati dal produttore secondo le modalità di cui al § 11.3.2.11 e c) saldabili.

Naturalmente, oltre ai controlli effettuati dal produttore delle materie prime secondo il proprio Controllo del Processo di Produzione (*Factory Production Control* o *FPC*) imposto dalla marcatura CE, le aziende produttrici di Doppie Lastre, essendo certificate ai sensi della norma UNI EN ISO 9001, effettuano una serie di controlli a campione sulle materie prime in accettazione, anche se già marcate all'origine.

3.2. Calcestruzzo delle lastre prefabbricate

Il calcestruzzo utilizzato per la produzione delle Doppie Lastre può essere di tipo normale o, in casi particolari, di tipo alleggerito. Il calcestruzzo progettato e qualificato dal produttore delle Doppie Lastre garantisce livelli qualitativi e prestazionali costanti e sicuri, grazie alla produzione effettuata con centrali di betonaggio computerizzate provviste di sistemi di controllo automatico su dosaggi e impasti.

Tutta la produzione gode di assoluta rintracciabilità grazie alle compilazione dei registri di autocontrollo interno in cui vengono riportati i risultati sia delle prove interne che di quelle eventualmente effettuate presso i laboratori esterni ufficiali[1], il tutto supervisionato da un tecnico abilitato – generalmente un ingegnere – che assume il ruolo di Direttore della Produzione nonché di Direttore dei Lavori in stabilimento.

Normalmente il calcestruzzo garantisce prestazioni idonee per le classi di esposizione XC1 e XC2, ovvero ambienti umidi senza gelo. Qualora il progetto prevedesse classi di esposizione differenti, si adottano le specifiche prescrizioni previste dalle norme di riferimento. E' pertanto possibile produrre calcestruzzi idonei per qualsiasi impiego.

Ovviamente, abbinato alla qualità del calcestruzzo e al rigoroso metodo di produzione, non deve essere trascurata l'importanza di un adeguato copriferro e dell'interferro tra le barre metalliche (generalmente assicurato mediante l'utilizzo di distanziatori). Al fine di una efficace protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo conto delle tolleranze di posa delle armature in produzione.

Utili indicazioni in merito possono essere desunte sia dal § 4.1.6.1.3 delle NTC e della relativa Circolare sia dalla norma EN 1992-1-2.

Entrambe le norme, nel fornire i valori minimi di copriferro, utilizzano vari criteri quali la vita nominale della struttura, il tipo di acciaio (da c.a. o da c.a.p.), l'eventuale "sovra-resistenza" del calcestruzzo, l'esistenza di un Sistema di Gestione della Qualità che sovraintenda alla realizzazione ed al posizionamento delle armature. Ulteriori criteri di progettazione del copriferro riguardano la geometria degli elementi (a lastra o meno) e, ovviamente, la Classe di Esposizione a cui la struttura sarà soggetta.

[1] Si sottolinea che ai sensi delle nuove NTC per i manufatti prefabbricati coperti da Marcatura CE non è più obbligatorio effettuare sistematicamente le prove di compressione del calcestruzzo presso i laboratori ufficiali.

mim	C_o	Condizioni Ambientali	Barre da c.a. Elementi a piastra (pareti con DL)		Barre da c.a. Altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$
C25/30	C35/45	Ordinario	15 (10)	20 (15)	20	25
C28/35	C40/50	Aggressivo	25 (20)	30 (25)	30	35
C35/45	C45/55	Molto aggressivo	35 (30)	40 (35)	40	45

Prospetto 3.2 – Copriferri derivati dal prospetto C 4.1.IV delle NTC 2008.

I valori del prospetto sono riferiti a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3) i valori del prospetto vanno aumentati di 10 mm.

Per i manufatti prefabbricati soggetti a rigorosi controlli della produzione, come le Doppie Lastre, occorre rammentare la possibilità di applicare una riduzione di 5 mm. Nelle colonne 4 e 5, riguardanti le Doppie Lastre, sono riportati i valori dei copriferri per strutture ordinarie (valori senza parentesi) e per elementi prefabbricati con FPC certificato (valori tra parentesi).

Applicazioni molto interessanti delle Doppie Lastre sono quelle legate ad ambienti particolari, dove è necessario utilizzare calcestruzzi con elevate prestazioni specifiche abbinati ad adeguati copriferri. Per maggiori approfondimenti si raccomanda di far riferimento alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104.

Il grado di compattazione g_c del calcestruzzo delle lastre prefabbricate, parametro essenziale per il controllo della costipazione effettuata mediante la vibrazione sui banchi di produzione, viene assicurato con il metodico controllo della costanza della massa volumica. Con i sistemi di produzione più efficienti si possono raggiungere gradi di compattazione $g_c \geq 0.97$ (2400 kg/m^3 - 2450 kg/m^3) difficilmente raggiungibili in opera.

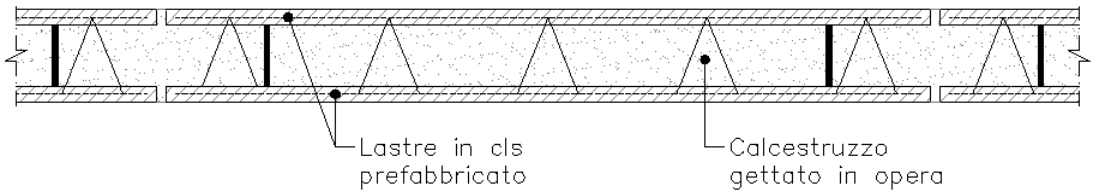


Fig. 3.1 - Individuazione dei calcestruzzi prefabbricato ed in opera.

I calcestruzzi confezionati in stabilimento vengono normalmente additivati con superfluidificanti per garantirne un'ottima lavorabilità il raggiungimento delle seguenti caratteristiche:

- elevatissima compattazione ottenibile con i vibratori applicati ai casseri;
- basso rapporto acqua/cemento, generalmente compreso tra 0,45 e 0,60;
- dosaggi del cemento superiori a 350 kg/m^3;
- precisione e stabilità della curva granulometrica,

In tal modo è possibile garantire una ridotta porosità capillare della pasta cementizia e migliori caratteristiche di impermeabilità del calcestruzzo.

Calcestruzzi speciali sono spesso richiesti per strutture ove è necessario garantire la resistenza ai cicli di gelo e disgelo o all'aggressione di natura chimica. Nel primo caso è possibile ottenere il risultato desiderato mediante aggiunta di additivi aeranti, la cui azione consiste nella formazione di un sistema di microbolle d'aria disperse in modo omogeneo nel materiale, mentre nel secondo caso è possibile ottenere il risultato desiderato mediante l'utilizzo di cementi resistenti ai solfati.

Esistono nel Nord Europa interessanti realizzazioni di Doppie Lastre confezionate con calcestruzzi alleggeriti per migliorare le prestazioni termiche. Anche questa possibilità conferma la grande flessibilità offerta dal prodotto, flessibilità che si traduce nella possibilità di un miglioramento delle prestazioni del manufatto finale, il muro in c.a., e nella riduzione di costi dello stesso.

3.3. Calcestruzzo per il getto in opera tra le lastre

Il getto del calcestruzzo di riempimento all'interno della Doppia Lastra deve seguire gli stessi accorgimenti tipicamente adottati per le strutture realizzate con sistemi tradizionali; di seguito si richiamano alcune delle basilari regole del buon costruire.

Il getto di calcestruzzo in opera può essere eseguito in cantiere dopo il completamento delle operazioni di montaggio. Il tipo di calcestruzzo e la sua resistenza meccanica vengono definiti in fase di progetto dal Progettista Generale dell'opera; in ogni caso la classe di resistenza deve essere C ≥ 20/25 N/mm^2. Alcune semplici regole generali che occorre tenere sempre presenti per il confezionamento di un calcestruzzo pompabile sono:

- Un'adeguata curva granulometrica, preferibilmente di tipo continuo;
- Un adeguato contenuto di parti fini per assicurare coesione;
- Diametro massimo dell'aggregato $Ø_{max}$ ≤ 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.

Il calcestruzzo più comunemente impiegato continua ad essere quello a normale consistenza, ma sempre più frequentemente vengono impiegati calcestruzzi SCC (*Self Compacting Concrete*) in virtù degli evidenti vantaggi che assicurano. L'SCC è un tipo di calcestruzzo molto fluido, omogeneo e stabile, capace di disporsi uniformemente all'interno della Doppia Lastra e di compattarsi senza alcun pericolo di segregazione e senza alcuna necessità di vibrazione, in virtù del solo effetto gravitazionale.

Tipologia e quantità di ogni eventuale aggiunta di acqua e/o additivi da doversi eventualmente effettuare in fase preliminare alla consegna, sotto la responsabilità del produttore, devono essere previste in fase di produzione, non devono alterare le prestazioni prescritte e devono essere registrate sul documento di trasporto. Non devono mai essere ammesse aggiunte di acqua e/o di additivi alla consegna del calcestruzzo in cantiere.

In funzione del tipo di calcestruzzo adottato per il completamento devono essere seguite precise modalità di getto e tenuti in debita considerazione tutti gli aspetti essenziali tra cui la velocità di riempimento della Doppia Lastra, il copriferro delle armature e la presenza delle spinte orizzontali che si vengono a determinare sulle pareti delle Doppie Lastre.

Indipendentemente dal tipo di calcestruzzo impiegato occorre prestare attenzione alla vera e propria fase di getto. L'estremità del tubo deve essere introdotta all'interno della Doppia Lastra dall'alto; la bocca di uscita del getto deve essere mantenuta verticale (o leggermente inclinata in senso parallelo all'andamento della parete), prestando attenzione affinché il getto del calcestruzzo non sia indirizzato direttamente contro la superficie interna di una delle lastre.

Ciò potrebbe, infatti, generare sovra-pressioni non previste e fenomeni di abrasione superficiale che potrebbero pregiudicare l'integrità della lastra. Considerata l'elevata potenza delle pompe presenti oggi sul mercato, la pressione di spinta dovrà essere adeguatamente limitata.

3.3.1. Calcestruzzi ordinari

Adottando calcestruzzi ordinari si raccomanda l'utilizzo di una classe di consistenza – con riferimento alla classe di abbassamento del cono di Abrams (*slump*) – non inferiore a S4 (abbassamento compreso tra 160 e 210 mm), in modo da avere un'adeguata fluidità e consentire un corretto riempimento della parete (tale consistenza può essere ottenuta con l'aggiunta di superfluidificanti).

In generale la classe di consistenza del calcestruzzo fresco può essere definita attraverso la classe di abbassamento del cono (*slump*), come definito al § 4.2.1 della UNI EN 206-1, prospetto 3 che viene riportato di seguito.

Classe	Abbassamento del cono [mm]
S1	10 ÷ 40
S2	50 ÷ 90
S3	100 ÷ 150
S4	160 ÷ 210
S5	≥ 220

Prospetto 3.3 – Classe di slump e relativo abbassamento del cono di calcestruzzo

Il getto deve essere effettuato in modo uniforme per strati orizzontali lungo l'intero sviluppo orizzontale delle pareti. Qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Detto accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie.

In alternativa sarà necessario prestare molta attenzione all'altezza di caduta libera del calcestruzzo all'interno delle lastre; tale altezza, misurata dall'uscita della bocca del tubo convogliatore, non dovrà comunque essere superiore a 150 cm, esattamente come nel caso di qualsiasi muro o parete tradizionale gettati in opera. Nel caso di pareti molto alte il tubo della pompa può essere inserito attraverso tasche appositamente realizzate in stabilimento per consentire l'effettuazione dei getti con un'altezza ridotta.

Ogni strato di getto deve essere convenientemente vibrato, mediante l'utilizzo di aghi ad immersione, in maniera tale da compattare il getto e da garantirne l'aderenza alle pareti interne delle lastre nonché il perfetto avvolgimento delle armature.

Nella fase di getto occorre avere molta cura e adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché il calcestruzzo risulti ben compattato anche nelle zone critiche come gli angoli e le interfacce di ripresa.

3.3.2. Calcestruzzi autocompattanti (SCC)

Adottando calcestruzzi SCC la fase di getto si semplifica notevolmente e ciò consente una significativa riduzione dei tempi di getto in quanto non è più necessario procedere alla vibrazione del getto. Inoltre tutti gli interstizi vengono perfettamente riempiti. In questo caso deve essere prestata particolare cura alla sigillatura di tutti i giunti e di tutte le forometrie.

Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri (cioè, gettando in corrispondenza di un punto, il calcestruzzo si autocompatta alla medesima quota fino ad una distanza pari a 10 m dal punto di getto). Tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

Il calcestruzzo autocompattante deve essere gettato in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo.

Se si usa una pompa il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente; per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.

Nota: I calcestruzzi SCC sono per loro natura più fluidi e caratterizzati da un processo di maturazione più lento perciò, nel caso in cui si opti per il loro utilizzo, occorre tenere conto delle maggiori azioni di spinta idraulica che essi esercitano sul manufatto rispetto ad un calcestruzzo tradizionale.

Ulteriori verifiche di tenuta del prefabbricato nelle fasi di getto si rendono quindi necessarie e, al fine di progettare correttamente i manufatti, è necessario specificare l'eventuale utilizzo di calcestruzzi SCC in fase preliminare.

3.4. Maturazione del calcestruzzo

Lo studio e la conoscenza dello sviluppo della maturazione del calcestruzzo, ovvero delle sue caratteristiche meccaniche prima dei caratteristici 28 giorni, è fondamentale per molti aspetti di seguito elencati:

- tempi di scasseratura, movimentazione, consegna e messa in opera degli elementi prefabbricati;
- tempi di messa in carico degli elementi nelle fasi transitorie (come ad esempio la fase di getto);
- tempi e modalità di getto in opera del calcestruzzo;
- tempi di rimozione del sistema di puntellazione;
- tempi di messa in carico/esercizio delle varie parti strutturali.

Nel prosieguo del paragrafo si approfondiranno i temi della stima dei tempi di maturazione e della valutazione delle caratteristiche meccaniche in funzione delle condizioni climatiche e del cemento utilizzati.

3.4.1. Influenza della temperatura sullo sviluppo della resistenza

Sia la norma EN 197-1 che la EN 206-1 prevedono che la determinazione della resistenza meccanica su cementi e calcestruzzi debba essere determinata a 20 °C. A qualsiasi fase dello sviluppo della maturazione la resistenza ad una data stabilita cresce con l'aumentare della temperatura perché aumenta il grado di idratazione del cemento.

Le temperature più favorevoli per l'indurimento e per lo sviluppo delle resistenze sono comprese tra 18 e 25 °C, tuttavia, nella pratica di cantiere, il calcestruzzo viene talvolta mescolato, gettato e maturato a temperature diverse da quelle standard.

Per temperature superiori ai 25 °C il processo di idratazione del cemento è tanto rapido da determinare una presa del calcestruzzo in tempi sensibilmente più ridotti del normale, con l'inconveniente della perdita di lavorabilità del calcestruzzo fresco.

Al di sotto dei 5 °C si ha un marcato aumento dei tempi di presa a causa del rallentamento dell'idratazione del cemento. Ciò comporta maggiori tempi di stagionatura, i quali vanno ad incidere sulla produttività del cantiere.

Sotto i -10 °C circa il processo di presa cessa. Ecco perché è importante conoscere la relazione tra lo sviluppo della resistenza a 20 °C rispetto a quelle ottenute a temperature diverse.

Nella figura 3.2 è riportato lo sviluppo qualitativo della resistenza meccanica del calcestruzzo in funzione del tempo di maturazione e delle diverse condizioni di temperatura.

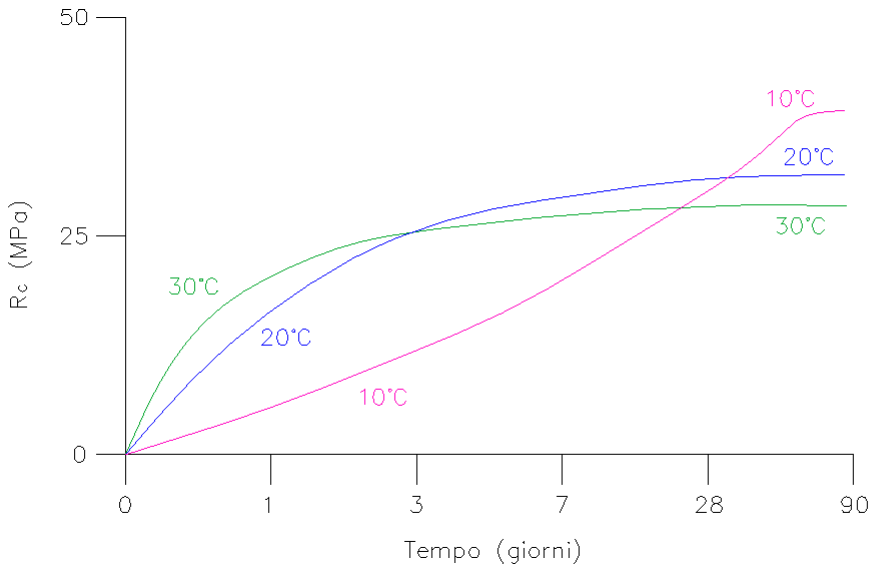


Fig. 3.2 - Sviluppo della resistenza del calcestruzzo.

Dal grafico sopra riportato si evince che:

- a breve termine (1-7 gg), minore è la temperatura e minore risulta la resistenza;
- a lungo termine (> 28 gg) minore è la temperatura e maggiore risulta la resistenza;
- la resistenza nell'intorno dei 28 giorni convenzionali, sia con maturazione a freddo (10 °C) sia con maturazione a caldo (30 °C), non risulta molto differente dalla resistenza convenzionale ottenuta a 28 giorni e determinata alla temperatura standard di 20 °C.

La ragione per cui la resistenza caratteristica viene misurata a 28 giorni è dovuta al fatto che la resistenza a compressione, a tale data, è approssimativamente la stessa a differenti temperature.

La temperatura di getto ha notevole influenza non solo sulla resistenza, ma anche sulla sua lavorabilità.

Nella figura 3.3 è riportato lo sviluppo qualitativo della lavorabilità (*slump*) del calcestruzzo in funzione del tempo di maturazione e delle diverse condizioni di temperatura.

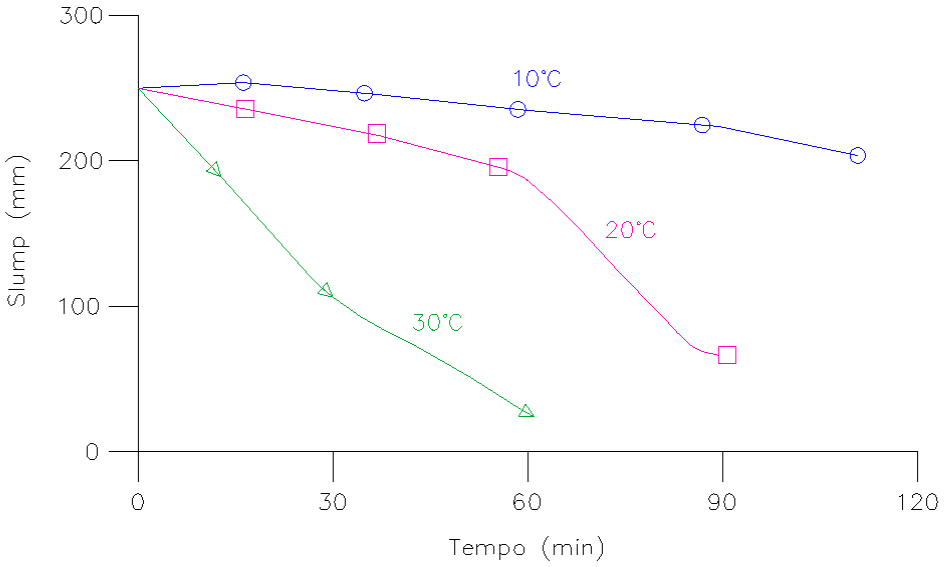


Fig. 3.3 – Andamento dello slump del calcestruzzo

3.4.2. Modello di calcolo delle caratteristiche del calcestruzzo secondo l'EC2

La norma UNI EN 1992-1 contiene alcune formule semplificate per la stima delle caratteristiche del calcestruzzo in funzione delle temperature e del tipo di cemento utilizzato.

Data la variabilità del fenomeno in funzione di altri fattori (come ad esempio il rapporto acqua/cemento) questi valori sono da utilizzarsi con cautela ma offrono comunque indicazioni molto importanti nell'impiego e nella messa in opera degli elementi prefabbricati.

Poiché spesso è utile conoscere/stimare le caratteristiche meccaniche anche nelle prime ore le formule vengono estese ed applicate - con opportune modifiche e riscontri da parte dei produttori - per stimare i valori già a 24 ore (1 giorno).

3.5. Acciai (barre, rotoli)

I processi di produzione di alcuni prodotti in acciaio per c.a. hanno subito considerevoli sviluppi, cui si sono accompagnati significativi aggiornamenti normativi che hanno introdotto diverse novità nell'ambito degli acciai da costruzione e dei relativi controlli.

Le caratteristiche degli acciai sono state allineate a quelle degli Eurocodici e lo stato italiano ha specificatamente indicato quali possano essere gli acciai da utilizzare nel nostro paese.

Le NTC prevedono due soli tipi di acciaio, saldabili ed a aderenza migliorata, per le strutture in c.a.:

- B450A – a limitata duttilità;
- B450C – ad alta duttilità.

Si riportano di seguito alcune modifiche introdotte nel DM 14.01.2008 rispetto al passato:

- sono definite nuove tolleranze sulle sezioni delle barre;
- sono state ampliate le gamme di diametri disponibili;
- viene consentito unicamente l'utilizzo di acciai saldabili;

- viene trattata la produzione di acciai nervati;
- viene previsto un invecchiamento artificiale per rotoli, reti e tralicci a 100±10°C per 1 ora;
- viene prescritta una specifica attività di controllo del prodotto anche da parte dei Centri di Trasformazione (sagomatori/assemblatori);

Nel seguente prospetto sono riassunte le caratteristiche meccaniche per l'acciaio previste dalle attuali NTC:

DM 14.01.2008
Acciaio per cemento armato tipo B450C $f_{y,nom}$ = 450 N/mm² $f_{t,nom}$ = 540 N/mm² $(f_t/f_y)_k \geq 1,15$ e $< 1,35$ $(f_y/f_{y,nom})_k \leq 1,25$ $(A_{gt})_k \geq 7,5$ %
Acciaio per cemento armato tipo B450A $f_{y,nom}$ = 450 N/mm² $f_{t,nom}$ = 540 N/mm² $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$ $(f_y/f_{y,nom})_k \leq 1,25$ $(A_{gl})_k \geq 2,5$ %

Prospetto 3.4 – Caratteristiche meccaniche degli acciai da c.a.

Anche per quanto riguarda la documentazione di accompagnamento (tra il produttore dell'acciaio, la ferriera e il prefabbricatore) sono intervenute alcune modifiche. Occorre sottolineare che, finché non sussisterà l'obbligo della Marcatura CE, le forniture di acciaio dovranno essere accompagnate esclusivamente dall'Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al § 11.3.1.5. NTC e alla Circolare.

Un'importante innovazione consiste nella costituzione del cosiddetti Centri di Trasformazione dell'acciaio. Con tale termine deve intendersi un impianto esterno al produttore e/o al cantiere - fisso o mobile - che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, ad esempio, elementi saldati e/o pre-sagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o pre-assemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera.

Per i produttori di manufatti non ancora rientranti nella marcatura CE lo stabilimento di produzione deve essere preventivamente qualificato dal Ministero competente e la produzione/lavorazione dell'acciaio deve essere coperta da in sistema di gestione della qualità sovrintendente il solo processo di trasformazione, coerente con la norma ISO 9001:2008 e certificato da organismo terzo indipendente,

3.6. Tralicci elettrosaldati

I tralicci elettrosaldati sono prodotti altamente industrializzati realizzati dalle principali aziende siderurgiche. La gamma tipologica disponibile sul mercato è molto ampia e varia.

E' inoltre possibile far realizzare prodotti *ad hoc* confezionati su misura in base alle richieste del produttore della Doppia Lastra.

A scopo puramente indicativo si riporta nelle figure di seguito un esempio di traliccio con l'indicazione delle caratteristiche geometriche salienti ed alcuni prospetti recanti la gamma tipologica dei tralicci comunemente reperibili sul mercato utilizzati nella produzione delle Doppie Lastre. Le tipologie reperibili sul mercato possono subire leggere differenze e/o essere più ampie in funzione del produttore stesso.

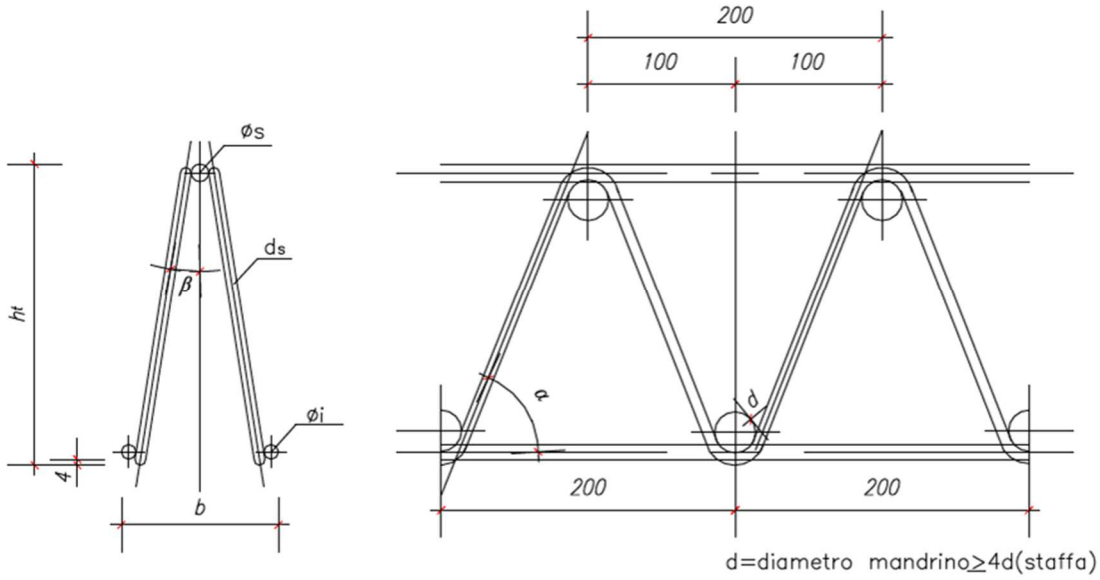


Fig. 3.4 - Caratteristiche morfologiche tralicci elettrosaldati standard

TRALICCI STANDARD SPECIFICI PER DOPPIE LASTRE							
TOP	**$Ø_i$ (mm)**	**$Ø_s$ (mm)**	**d_s (mm)**	**h_t (cm)**	**α (°)**	**b (cm)**	**β (°)**
6/8/6 h=22.5	6	8	6	22.5	69	108	9
6/8/6 h=25.0	6	8	6	25	71	108	8
6/8/6 h=27.0	6	8	6	27	73	108	7
8/8/7 h=32.0	8	8	7	32	75	128	6
8/8/7 h=35.0	8	8	7	35	77	128	8

TRALICCI STANDARD PER SOLAI USATI ANCHE PER DOPPIE LASTRE							
TOP	**$Ø_i$ (mm)**	**$Ø_s$ (mm)**	**d_s (mm)**	**h_t (cm)**	**α (°)**	**b (cm)**	**β (°)**
5/7/5 h=7.0	5	7	5	7.0	35	85	31
5/7/5 h=9.5	5	7	5	9.5	45	100	23
5/7/5 h=12.5	5	7	5	12.5	54	100	17
6/7/5 h=12.5	6	7	5	12.5	54	100	17
5/7/5 h=16.5	5	7	5	16.5	62	100	13
5/8/5 h=20.5	5	8	5	20.5	67	100	10

Prospetto 3.5 – Caratteristiche tralicci standard

Ove: $Ø_i$ = diametro delle barre dei correnti inferiori
$Ø_s$ = diametro della barra del corrente superiore
d_s = diametro delle staffe diagonali

3.7. Reti elettrosaldate

Anche le reti elettrosaldate, qualche volta utilizzate nella produzione delle Doppie Lastre, sono prodotti industrializzati. Anche in questo caso la gamma tipologica disponibile sul mercato è molto ampia e prevede la possibilità di realizzare prodotti *ad hoc*, confezionati su misura.

Non sempre e non tutti i produttori ricorrono all'utilizzo delle reti elettrosaldate nelle Doppie Lastre. In alcuni casi si ricorre alla realizzazione dell'armatura di costruzione della Doppia Lastra assemblando opportunamente ordinarie armature longitudinali e trasversali in barre.

3.8. Ganci di sollevamento

Ogni elemento Doppia Lastra è dotato di dispositivi di sollevamento integrati con l'armatura principale ed ancorati all'interno dello spessore del calcestruzzo delle due lastre.

Fig. 3.5 – Fasi di sollevamento del manufatto

I ganci di sollevamento, qualora acquistati separatamente, sono soggetti a marcatura CE in conformità alla Direttiva Macchine 2006/42/CE come da D. Lgs. 27 gennaio 2010, n. 17.

Qualora i ganci siano invece autoprodotti, non vengono immessi sul mercato come tali e risultano essere sotto la responsabilità del produttore e coperti dalla marcatura CE del prodotto medesimo

Forma, dimensioni e caratteristiche meccaniche dei ganci sono tali da assicurare la corretta trasmissione degli sforzi tra i dispositivi metallici di sollevamento ed il manufatto prefabbricato.

Generalmente i ganci sono realizzati con barre di diametro variabile tra 12 e 20 mm, in funzione delle dimensioni e del peso della Doppia Lastra, considerando anche gli effetti dinamici che si generano durante la movimentazione.

La forma geometrica del gancio può essere diversa in funzione delle esigenze e delle attrezzature utilizzate nel processo di produzione dal singolo produttore.

Nota: I tralicci inseriti nelle Doppie Lastre non possono essere utilizzati per il sollevamento del manufatto. Le staffe hanno, infatti, diametri inadeguati a tale esigenza e potrebbero subire - durante la movimentazione - deformazioni tali da pregiudicarne l'efficacia o addirittura, da comportarne il tranciamento con conseguente caduta del manufatto.

Il sollevamento e la movimentazione della Doppia Lastra devono avvenire senza strappi e a velocità di traslazione ridotte.

Il produttore deve fornire precise prescrizioni per l'aggancio, il sollevamento e la movimentazione del manufatto.

Il Direttore dei Lavori ed il Coordinatore della Sicurezza devono conoscere e far osservare le prescrizioni del produttore.

I ganci per il sollevamento, qualora commercializzati separatamente e acquistati specificatamente per tale utilizzo, devono essere in possesso di marcatura CE.

In tal caso è consentito il solo utilizzo di materiale marcato CE in conformità alla Direttiva Europea 2006/42/CE (Direttiva Macchine) come da D. Lgs 17 maggio 2006.

Qualora, al contrario, i ganci di sollevamento siano compresi nella fornitura del manufatto tutte le responsabilità connesse al loro utilizzo e alle loro prestazioni ricadono sul produttore della Doppia Lastra e sono coperti dalla marcatura CE del manufatto medesimo.

3.9. Boccole per il fissaggio dei puntelli

Per consentire un rapido e sicuro fissaggio dei puntelli nella fase provvisoria di messa in opera, le Doppie Lastre vengono generalmente dotate di boccole in PVC in grado di assicurare il collegamento della Doppia Lastra ai puntelli durante l'intera fase di montaggio e le successive fasi di maturazione/indurimento del getto di completamento.

In alcuni casi particolari, qualora le sollecitazioni siano particolarmente significative, è possibile procedere ad aumentare il numero di boccole in PVC oppure ricorrere all'utilizzo di boccole metalliche.

Le boccole vengono fissate ai puntelli mediante idonee viti o bulloni metallici normalmente di tipo M12 o M16.

Al fine di assicurare e sfruttare la portata nominale della boccola è assolutamente necessario utilizzare viti o bulloni forniti a corredo della boccola stessa dal produttore del dispositivo.

Nella fase transitoria di messa in opera, boccole e puntelli devono assicurare la stabilità della Doppia Lastra fino a che non si completa la maturazione del getto di completamento; in questa fase i puntelli devono resistere alle azioni del vento e agli effetti del peso proprio.

Tipo, posizione e numero delle boccole e dei puntelli dipendono da molti fattori, ma in linea generale vengono utilizzate una/due boccole per ciascuna Doppia Lastra (di larghezza standard 120/250 cm), poste a circa 2/3 dell'altezza.

I puntelli vengono posti in opera con una inclinazione di almeno 40° rispetto alla verticale.

A lavoro ultimato le boccole possono essere rasate, nascondendole completamente alla vista.

In alternativa alle boccole si registra una sempre maggiore diffusione di tasselli autofilettanti i quali conferiscono maggiore flessibilità alle operazioni di puntellazione e rendono più semplice e rapida la stuccatura/rasatura dei fori

Fig. 3.6 – Puntellazione di elementi **Bilastra®**

4. TRASPORTO E MESSA IN OPERA DELLE DOPPIE LASTRE

4.1. Generalità

Generalmente gli elementi prefabbricati a Doppia Lastra vengono consegnati in cantiere direttamente dal produttore, mentre le attività di movimentazione e di messa in opera in cantiere possono essere effettuate direttamente dall'impresa di costruzione o da ditte specializzate.

Qualsiasi informazione relativa al trasporto, alla movimentazione ed alla messa in opera viene predisposta dal produttore e fornita contestualmente con i manufatti. Tutte le prescrizioni necessarie sono riportate sia sugli elaborati grafici dello schema di montaggio esecutivo che nel *Manuale di Installazione e Manutenzione* e/o nelle relazioni esplicative fornite ad ogni commessa.

Le modalità di posa e la sequenza del montaggio saranno preventivamente analizzate e concordate con l'impresa e/o il Direttore dei Lavori e la consegna dei manufatti sarà organizzata per seguire al meglio l'avanzamento e lo sviluppo del cantiere. Di seguito vengono fornite alcune indicazioni circa le operazioni di messa in opera.

Tutte le informazioni necessarie sono riportate nello schema di montaggio contenente generalmente:

- la planimetria con suddivisione ed indicazione degli elementi con relativi dimensioni e pesi, particolari dei nodi d'angolo ed a T, indicazione delle forometrie e indicazione del punto di inizio del montaggio;
- eventuale rappresentazione 3D della struttura, con visualizzazione dei salti di quota, per un miglior orientamento nel montaggio;
- tabelle con caratteristiche tecniche delle pareti e degli elementi prefabbricati (spessori, armature, specifiche dei calcestruzzi, copriferri, classi di esposizione, prestazioni REI, ecc.);
- prospetto con elenco Doppie Lastre suddivise per numero di carico dell'automezzo in ordine di accatastamento, per una migliore organizzazione delle fasi di posa:
- schemi di dettaglio per il sollevamento, per lo stoccaggio in cantiere ed il trasporto, per la puntellazione provvisoria, per l'integrazione delle armature aggiuntive, ecc.;
- tolleranze e prescrizioni esecutive generali;
- istruzioni per la movimentazione ed il montaggio;
- istruzioni per le manutenzioni.

Infine, ove convenuto contrattualmente, vengono fornite anche la relazione di calcolo con le verifiche delle Doppie Lastre nelle fasi transitorie e la relazione di calcolo strutturale delle pareti in c.a.

Fondamentale risulta essere il rispetto delle indicazioni riportate sull'elaborato tecnico definitivo, in modo da evitare che si determinino strutture temporaneamente labili e/o instabili nel loro insieme, che possono pregiudicare la struttura e la sicurezza degli operatori in cantiere.

Le due figure seguenti riportano uno schema in 3D, utile per il corretto e funzionale montaggio dei vari elementi, e una scheda tipo di un singolo manufatto, riportante le varie caratteristiche fisiche e geometriche del manufatto stesso.

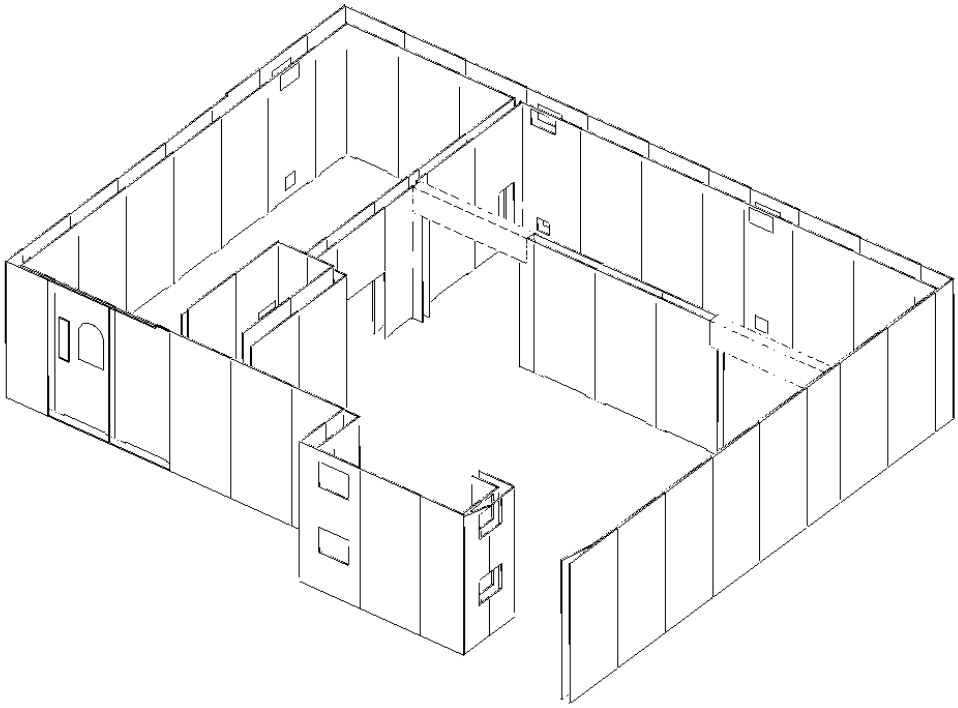


Fig. 4.1 - Visuale tridimensionale per un migliore orientamento nella fase di montaggio.

4.2. Schemi di montaggio e convenzioni grafiche

Le informazioni riportate negli elaborati grafici di progetto devono essere chiare ed esaustive al fine di consentirne una corretta messa in opera delle Doppie Lastre, conformemente alle prescrizioni del progetto ed in totale sicurezza. Generalmente le specifiche di progetto e gli elaborati grafici riportano almeno i seguenti dati:

- la classe di resistenza del calcestruzzo delle Doppie Lastre sia in fase transitoria (t_j) che a tempo infinito (t_∞);
- la classe di resistenza del calcestruzzo di completamento da gettare in opera;
- le caratteristiche di tutte le armature inserite nelle Doppie Lastre in fase di produzione;
- le caratteristiche di tutte le armature da inserire in opera.

In funzione delle specificità dell'ordine conferito al produttore, quest'ultimo è titolato a fornire unicamente indicazioni in merito agli elementi prefabbricati in quanto, generalmente, è il Progettista Generale dell'opera a definire le specifiche dei materiali di completamento (i quali derivano dal progetto complessivo delle strutture). Nel caso in cui tutta la progettazione dell'elemento venga demandata al produttore, tutti i dati necessari saranno forniti dal produttore stesso, fatta comunque salva l'approvazione preventiva da parte del Progettista Generale il quale deve valutarne il corretto inserimento e la compatibilità con la restante parte dell'opera. Ogni fornitura di pareti a Doppia Lastra deve essere accompagnata da uno *Schema di Montaggio*, ovvero da un elaborato grafico contenente tutte le informazioni necessarie per la messa in opera (modalità e sequenza di posizionamento degli elementi, specifiche dei materiali, ecc).

Al fine di illustrare come generalmente vengono rappresentate graficamente le opere da realizzare con Doppie Lastre e fornire utili elementi ai progettisti interessati all'impiego delle Doppie Lastre si riporta un esempio tipico di Schema di Montaggio.

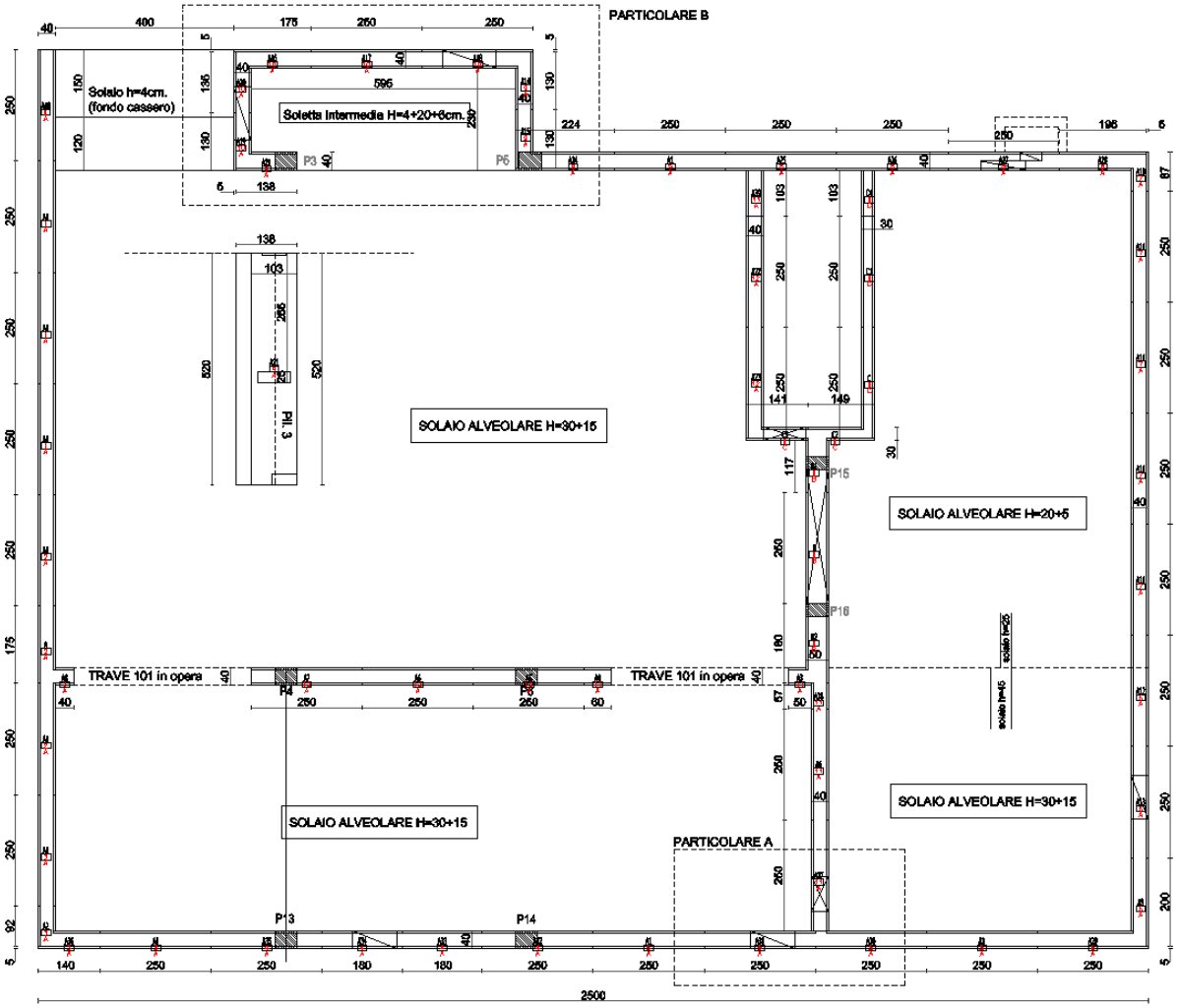


Fig.4.2 - Pianta dello schema di montaggio

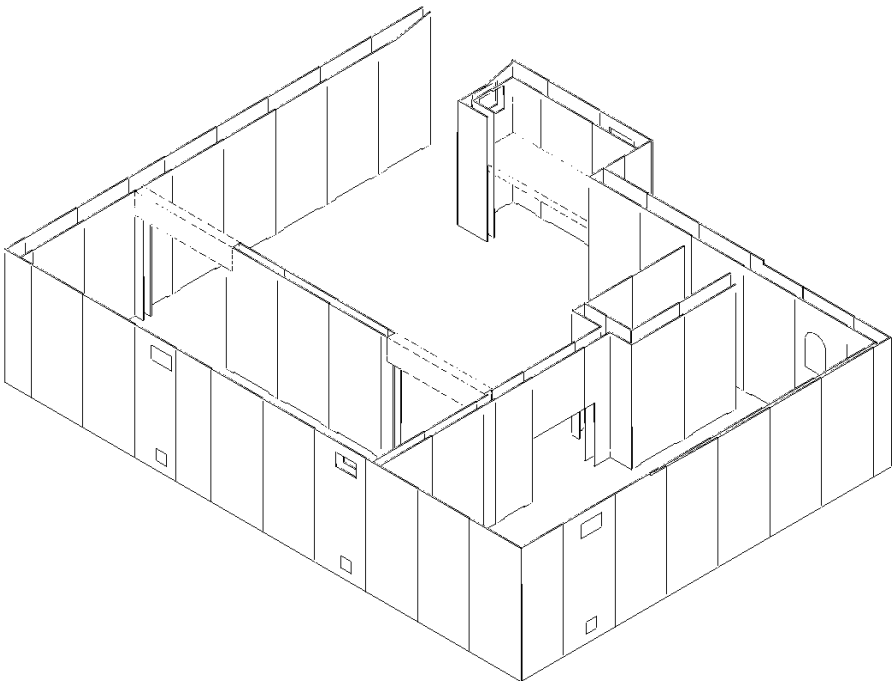


Fig.4.3 - Assonometria dello schema di montaggio

I simboli sono semplici e chiari e sulle tavole è possibile trovare tutte le informazioni indispensabili per il corretto montaggio della parete.

Di seguito un dettaglio della planimetria di cui alla pagina precedente, nel quale è possibile vedere i codici con i quali vengono identificati i vari elementi a Doppia Lastra.

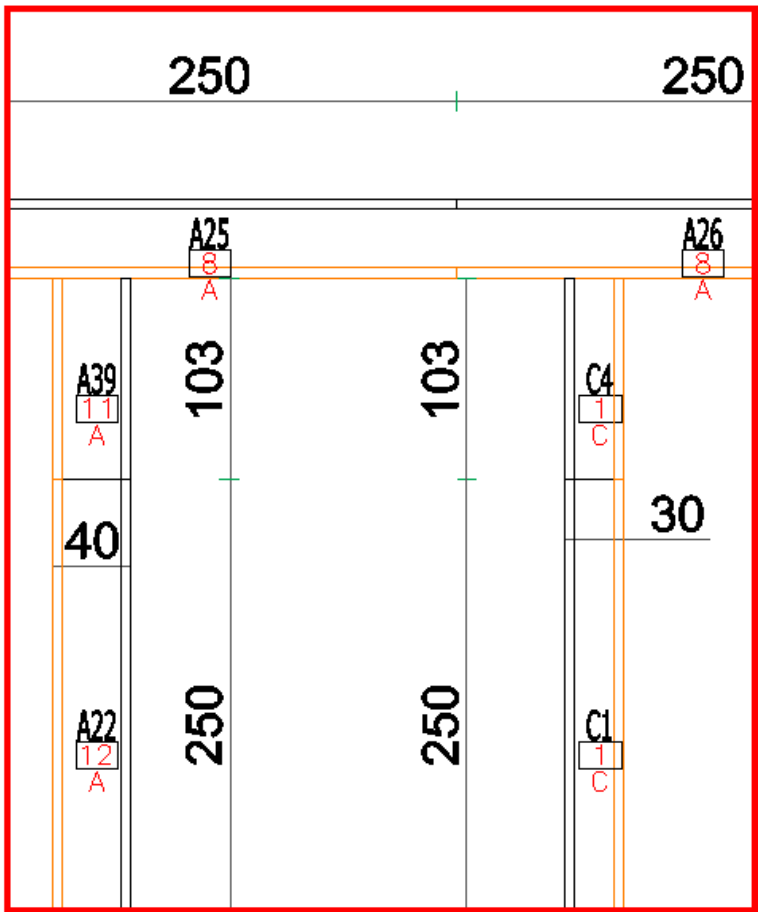


Fig.4.4 – Dettaglio planimetria con indicazione dei codici d'identificazione dei vari elementi

Il Committente/Impresa dovrebbe sottoporre lo Schema di Montaggio ad un preventivo esame e ad una esplicita approvazione da parte del Progettista Generale, del Direttore dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione.

Solamente al termine di tale fase di verifica ed approvazione i manufatti verranno posti in produzione.

Le pareti devono sempre essere posate conformemente alle prescrizioni del produttore.

4.3. Modalità di trasporto delle Doppie Lastre

Il trasporto degli elementi prefabbricati avviene generalmente per mezzo di automezzi quali motrici, autotreni o bilici; è quindi importante individuare un accesso al cantiere adeguato al transito di tali automezzi e prevedere gli spazi di manovra necessari.

Se il montaggio è realizzato per mezzo di autogru occorre predisporre la presenza di idonee aree per lo stazionamento e la movimentazione.

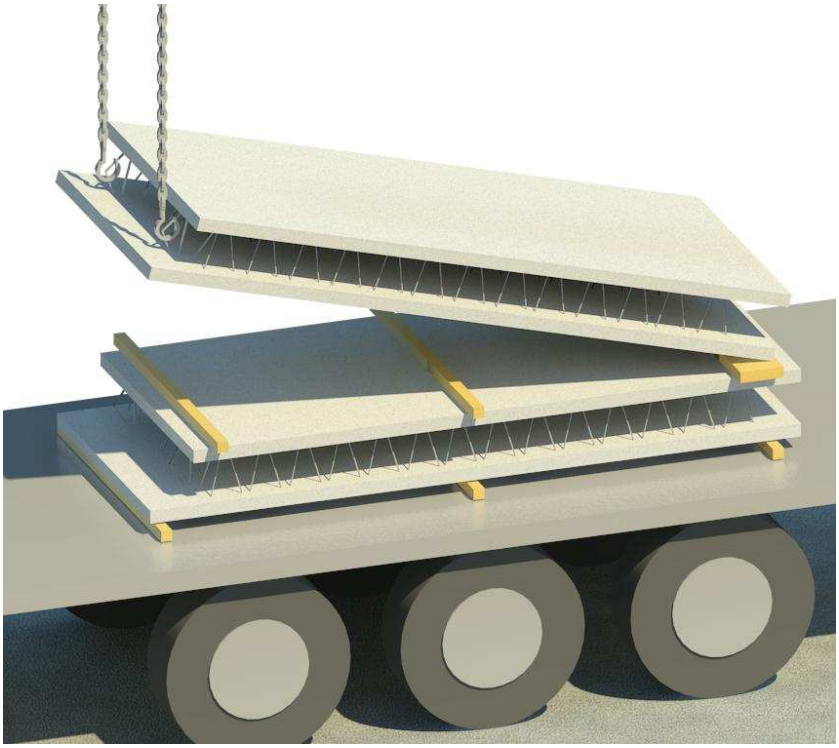


Fig.4.5 - Alcune modalità di trasporto, sollevamento e messa in opera

4.4. Modalità di sollevamento delle Doppie Lastre

Le pareti a Doppia Lastra devono essere sollevate e movimentate, ai fini del trasporto e della messa in opera, tramite gli appositi ganci inseriti nelle lastre in fase di produzione in stabilimento.

Ogni elemento Doppia Lastra è dotato di almeno due ganci di sollevamento, realizzati in acciaio di adeguate caratteristiche meccaniche e geometriche.

Fig. 4.6 – Fase di sollevamento verticale tramite ganci

Il dimensionamento dei ganci inseriti nei manufatti viene fatto considerando anche le forze dinamiche dovute all'incremento di tiro per sollevamento con gru fissa girevole con velocità massima di sollevamento < 90 m/min e l'incremento di tiro dovuto ad una inclinazione massima delle funi di sollevamento di 60°.

È molto importante che ogni operazione di sollevamento avvenga unicamente attraverso tali ganci, al fine di prevenire fenomeni di schiacciamento o sgretolamento locale del calcestruzzo, oltre che per evidenti ed imprescindibili motivi di sicurezza.

Nel caso in cui il gancio di sollevamento risulti essere completamente integrato nella sagoma della parete, durante la fase di ribaltamento dell'elemento potrebbe essere necessario prevenire possibili contatti diretti tra il dispositivo di sollevamento e la lastra superiore della parete, inserendo opportuni distanziatori in legno.

Fig. 4.7 – Dettaglio ganci di sollevamento su quattro punti

I mezzi di sollevamento devono essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel montaggio, riportata nell'elaborato tecnico definivo. Ogni elemento Doppia Lastra è corredato di contrassegno identificativo ove l'operatore della gru e/o il responsabile del cantiere possono verificarne il relativo peso.

L'operatore deve sollevare la Doppia Lastra dall'automezzo lentamente, senza strappi, per un'altezza di circa 30÷40 cm per poi effettuare una brevissima sosta che consenta un rapido controllo visivo dell'integrità del manufatto nell'intorno dei ganci di sollevamento.

Successivamente si procede con il definitivo sollevamento e la collocazione in opera del manufatto.

Gli elementi prefabbricati devono essere sollevati lentamente e con tiro verticale, evitando trascinamenti orizzontali e/o movimenti bruschi.

Per il sollevamento si devono utilizzare catene o funi adeguate a sopportare la massima sollecitazione prevista e aventi lunghezza minima secondo indicazioni da elaborato tecnico.

Le catene e le funi dovranno essere provviste di ganci dotati di dispositivo di sicurezza di chiusura dell'imbocco, in modo tale da impedire lo sganciamento degli elementi.

Su ognuno dei ganci di sollevamento della stessa Doppia Lastra deve gravare la medesima forza.

Qualora vengano utilizzati più di due ganci è necessario prestare grande attenzione alla fase di messa in trazione di funi o catene, in modo da assicurare l'effettiva ripartizione del carico in forze di pari modulo.

Particolare cura deve essere posta per Doppie Lastre aventi geometria complessa, cioè elementi per i quali la risultante delle forze generalmente non cada in posizione baricentrica rispetto ai dispositivi di sollevamento.

L'inclinazione delle catene o delle funi dovrà essere sempre pari ad almeno 60° rispetto all'orizzontale.

La movimentazione di Doppie Lastre di grandi dimensioni (denominate *"elementi parete"*) deve essere eseguita agganciando ognuno dei ganci con sistemi idonei a garantire l'omogenea ripartizione del carico su tutti i tiranti.

Di seguito alcune immagini esplicative relative alle corrette modalità di sollevamento degli elementi a Doppia Lastra.

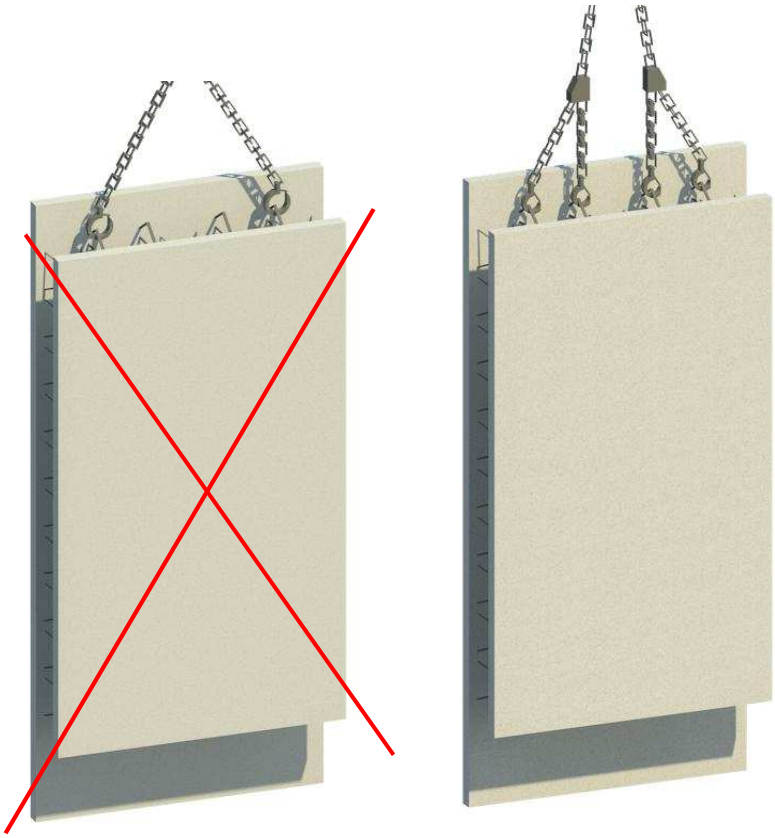


Fig. 4.8/a – Sollevamento errato (solo due ganci utilizzati sui quattro previsti) e sollevamento corretto (quattro ganci utilizzati su quattro previsti)

Fig. 4.8/b – Sollevamento lastra orizzontale

Fig. 4.8/c – Sollevamento con gancio doppio

Fig. 4.8/d Esemplificazione di un sollevamento corretto ed equilibrato su quattro punti

4.5. Eventuale stoccaggio in cantiere

Di norma le Doppie Lastre vengono caricate sugli automezzi e consegnate in cantiere nel corretto ordine di posa previsto in fase di progetto definito dagli elaborati di montaggio. In condizioni normali non viene mai previsto lo stoccaggio provvisorio in cantiere tuttavia, qualora la situazione di cantiere lo richiedesse, è possibile stoccare provvisoriamente le Doppie Lastre prima della messa in opera. Lo stoccaggio deve essere effettuato su un'area pianeggiante, livellata ed idonea a sopportare i carichi, in modo da consentirne l'appoggio in totale sicurezza.

Lo stoccaggio provvisorio in cantiere può avvenire sia in orizzontale che in verticale. Per lo stoccaggio in verticale sono necessarie idonee strutture di sostegno atte a sopportare il peso delle lastre e ad impedirne il ribaltamento.

L'impresa dovrà quindi organizzare lo stoccaggio temporaneo prevedendo l'impiego di idonei cavalletti, la cui consegna potrà eventualmente avvenire congiuntamente alla consegna delle Doppie Lastre, previo accordo con il produttore. Lo stoccaggio in verticale è preferibile in quanto, semplificando le operazioni di movimentazione, riduce sensibilmente la possibilità di danneggiamento dei manufatti.

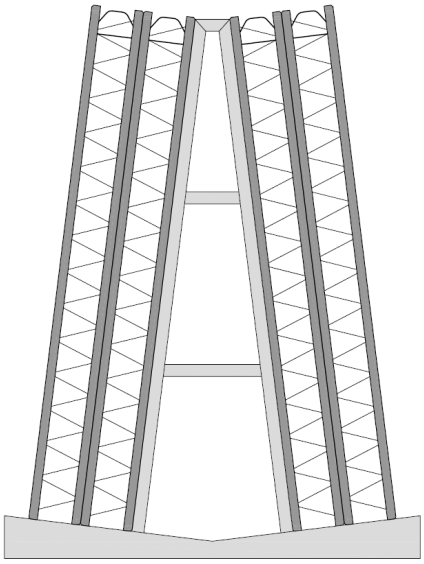


Fig. 4.9 Stoccaggio Doppie Lastre in verticale mediante cavalletti.

In caso di stoccaggio orizzontale è opportuno che le lastre vengano appoggiate su stocchi di legno o strisce in EPS al fine di prevenirne il deterioramento; in questo modo gli elementi prefabbricati possono essere sovrapposti fino ad numero massimo non superiore al numero di Doppie Lastre stoccate sull'automezzo e sempre nel rispetto delle indicazioni del produttore.

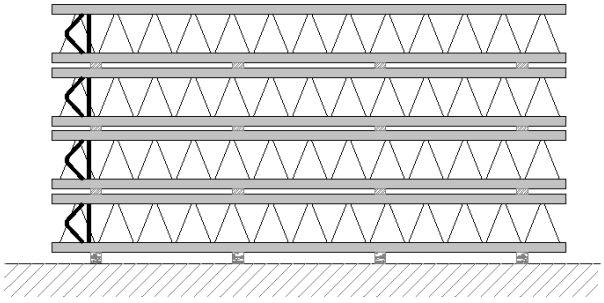


Fig. 4.10 - Stoccaggio conforme di Doppie Lastre in orizzontale

In entrambi i casi le Doppie Lastre devono essere movimentate e posate lentamente per non provocare danneggiamenti al calcestruzzo, ai tralicci di collegamento ed ai ganci di sollevamento. Le modalità di sollevamento e di stoccaggio devono rispettare rigorosamente le prescrizioni fornite dal produttore. Tutte le operazioni devono essere eseguite a velocità adeguate e con mezzi idonei, senza imprimere strappi e/o accelerazioni che possano pregiudicare l'integrità dei manufatti o compromettere la sicurezza degli operatori.

Nel caso di stoccaggio in orizzontale l'impresa dovrà dotarsi di opportuni ganci a forcella che agevolino le operazioni di sollevamento e consentano una movimentazione in sicurezza delle lastre; diverse sono le tipologie di dispositivi utilizzabili. Nelle immagini seguenti sono riportate alcune modalità di stoccaggio non conformi.

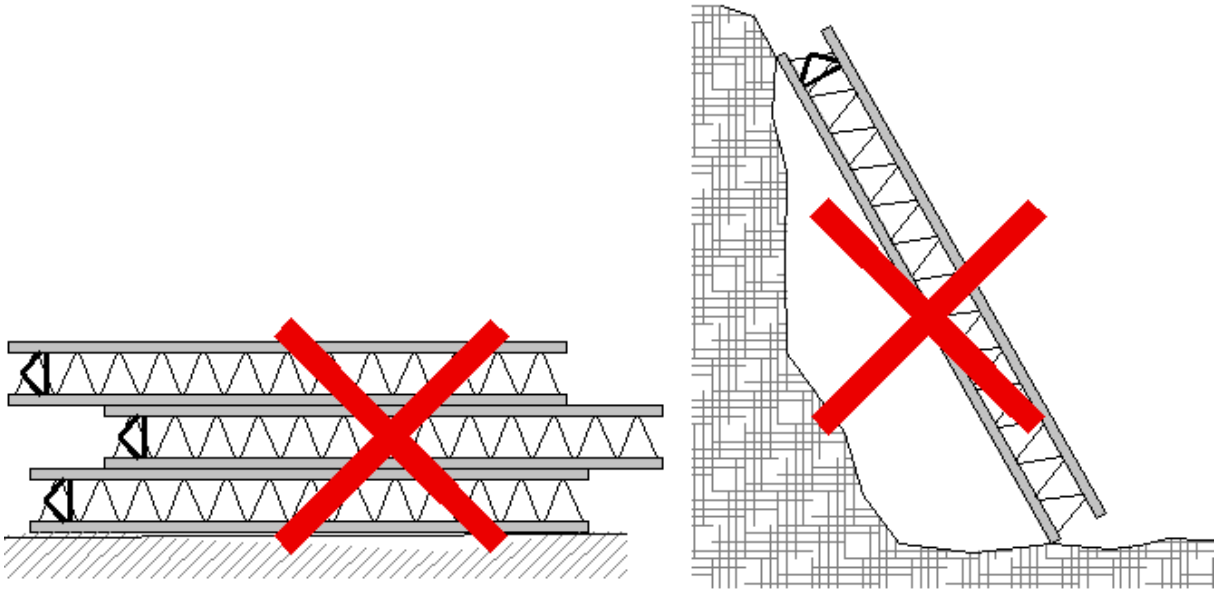


Fig. 4.11 – Esempi di stoccaggi temporanei non conformi.

E' vietato stoccare anche provvisoriamente le doppie lastre inclinate. Tale situazione genera deformazioni indesiderate agli elementi prefabbricati e presenta un grave pericolo per il personale causa il forte rischio di scivolamento o caduta delle doppie lastre nell'area di lavoro.

4.6. Preparazione, tracciamento e messa in opera

Prima di procedere alla messa in opera ed al montaggio delle Doppie Lastre è necessario che le strutture di appoggio (le fondazioni sottostanti) siano completate e che abbiano raggiunto la necessaria maturazione. Le tolleranze di quota e di planarità della superficie di appoggio delle Doppie Lastre devono essere comprese tra ±1.0 cm.

L'impresa deve assicurare che i getti delle fondazioni rispettino le prescrizioni di cui sopra, provvedendo alle eventuali necessarie rettifiche prima delle messa in opera. Le armature di chiamata fuoriuscenti dalle fondazioni devono essere allineate e poste ad una distanza del filo esterno pari a circa 1.5 - 2.0 cm dai fili interni delle singole lastre. Tale posizione deve essere tenuta in conto nelle fasi di calcolo e verifica strutturale.

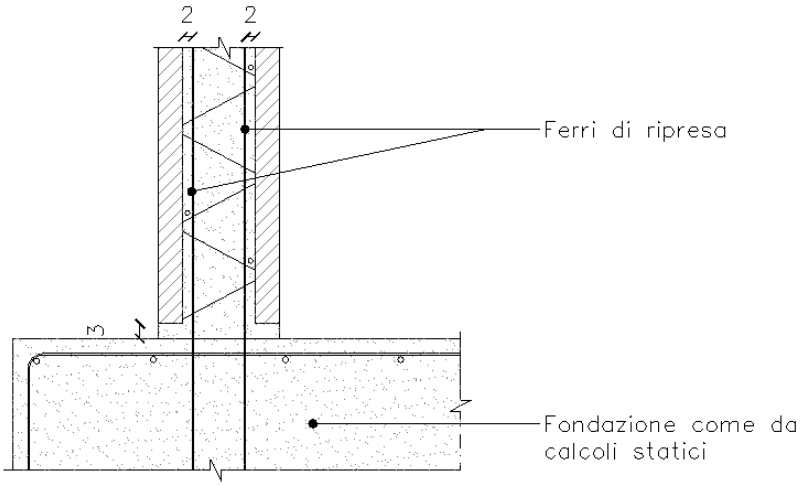
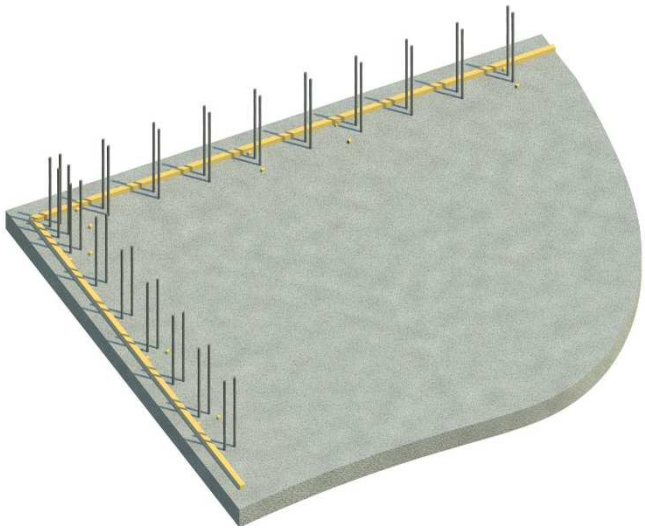


Fig. 4.12 - Dettaglio della connessione alla base.

La prima operazione per la messa in opera consiste nel tracciamento dei vari allineamenti dei muri sulla base del progetto generale. Per una posa in opera più veloce e precisa si consiglia di porre lungo l'allineamento esterno della parete un regolo in legno, fissato alla fondazione.



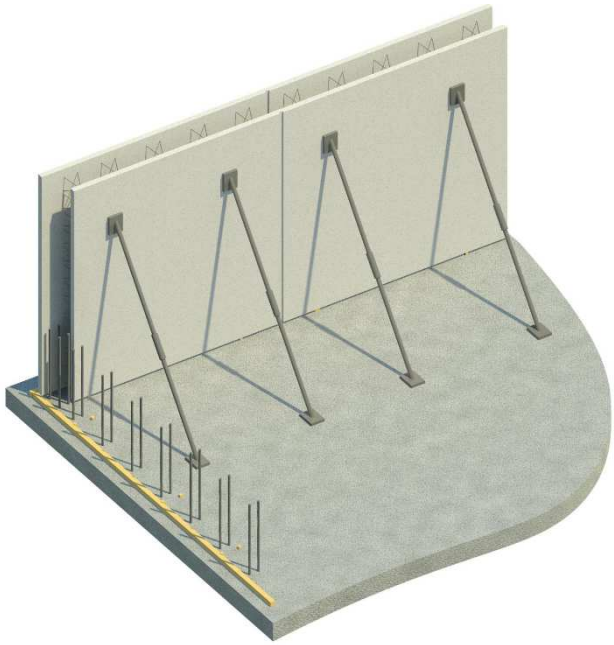


Fig. 4.13- Tracciamento e posizionamento Doppie Lastre

Per correggere e riprendere modeste irregolarità tra la fondazione e le Doppie Lastre si possono utilizzare dei distanziatori in PVC oppure dei cunei in legno. Al fine di ottenere un perfetto allineamento delle doppie lastre in sommità, prima di iniziare il montaggio occorre eseguire la verifica della planarità della fondazione di appoggio.

In seguito, partendo dal punto più alto, occorre posizionare i distanziatori in PVC in numero e tipologia adeguati a garantire una linea di appoggio uniforme sull'intero sviluppo del perimetro di appoggio delle Doppie Lastre. In questo modo è possibile ottenere il perfetto allineamento di tutte le aperture/forometrie nonché un ottimo piano di appoggio per le lastre tralicciate del solaio.

Ulteriore aspetto importante ai fini di un corretto montaggio è prestare attenzione all'allineamento verticale tra elementi adiacenti, in particolar modo rispettando la tolleranza massima di fuga verticale riportata sugli elaborati tecnici (normalmente prevista in 5 mm al massimo).

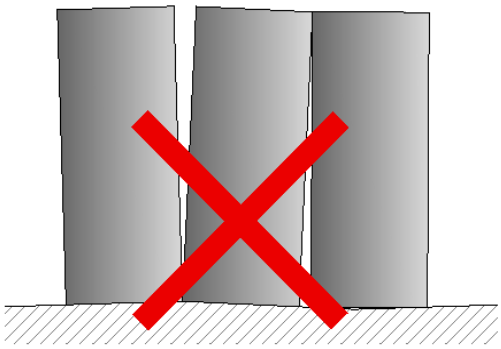


Fig. 4.14/a – Scorretta modalità di messa in opera delle Doppie Lastre

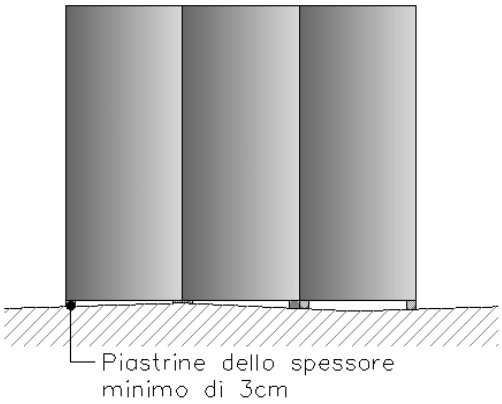


Fig. 4.14/b – Corretta modalità di messa in opera delle Doppie Lastre

Al fine di garantire il corretto funzionamento statico è necessario prestare attenzione nella zona della ripresa di getto. Per questo motivo è previsto che, nella fase di posa degli elementi, essi vengano posizionati su piastrine dello spessore minimo di 3 cm, in modo tale da creare uno strato di calcestruzzo a contatto con la fondazione di larghezza pari allo spessore della parete. In questo modo si garantisce la realizzazione di un elemento monolitico con una sezione interamente reagente, come previsto dalle norme armonizzate (EN 14992 – ann. A).

Una seconda soluzione prevede l'appoggio delle Doppie Lastre direttamente sul piano di fondazione, sempre nel rispetto di quanto sopra indicato per ottenere un corretto allineamento. L'utilizzo di questa soluzione prevede che la sezione della parete venga incrementata di 10 cm (spessore delle due lastre) e che tutta l'armatura strutturale venga posizionata in opera, inserendola nell'intercapedine delle Doppie Lastre. L'utilizzo del sistema Doppia Lastra in questo modo è comunque sconsigliato in quanto economicamente e tecnicamente sconveniente.

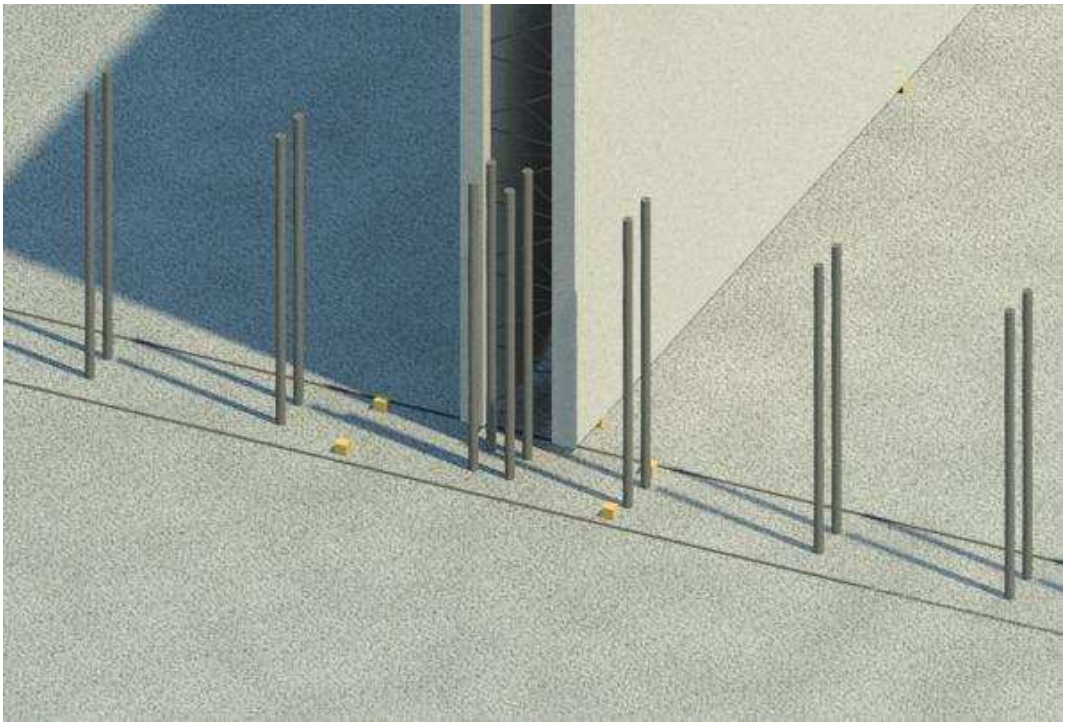


Fig.4.15 - Particolare del tracciamento e delle armature di chiamata

Contestualmente alla posa, e in ogni caso prima di procedere all'effettuazione del getto di completamento, è necessario effettuare la messa a piombo delle Doppie Lastre e predisporre la necessaria controventatura provvisoria della parete.

Tale operazione viene eseguita per mezzo di puntelli del tipo *tira e spingi* fissati in modo solidale alle Doppie Lastre per mezzo di boccole o tasselli autofilettanti.

I puntelli vengono fissati a 2/3 dell'altezza della parete, poi inclinati in modo da formare un angolo massimo con la verticale delle Doppie Lastre di 30-40°.

La parte filettata del bullone di fissaggio deve essere completamente avvitata all'interno della boccola, al fine di evitare possibili movimenti e per non far insorgere sollecitazioni combinate non previste in fase di dimensionamento.

L'altra estremità dei puntelli deve essere fissata alla fondazione/soletta in c.a. a mezzo di appositi tasselli (Fig. 4.16).

Occorre prestare attenzione al fatto che durante le operazioni illustrate i dispositivi di sollevamento devono rimanere sempre fissati alla Doppia Lastra prefabbricata e devono essere sganciati solo dopo il completamento delle operazioni di controventatura e messa in sicurezza.

La messa a piombo della Doppia Lastra si effettua agendo sulla ghiera di regolazione che agisce sulla lunghezza del puntello. La verticalità può essere velocemente controllata mediante una comune livella a bolla.

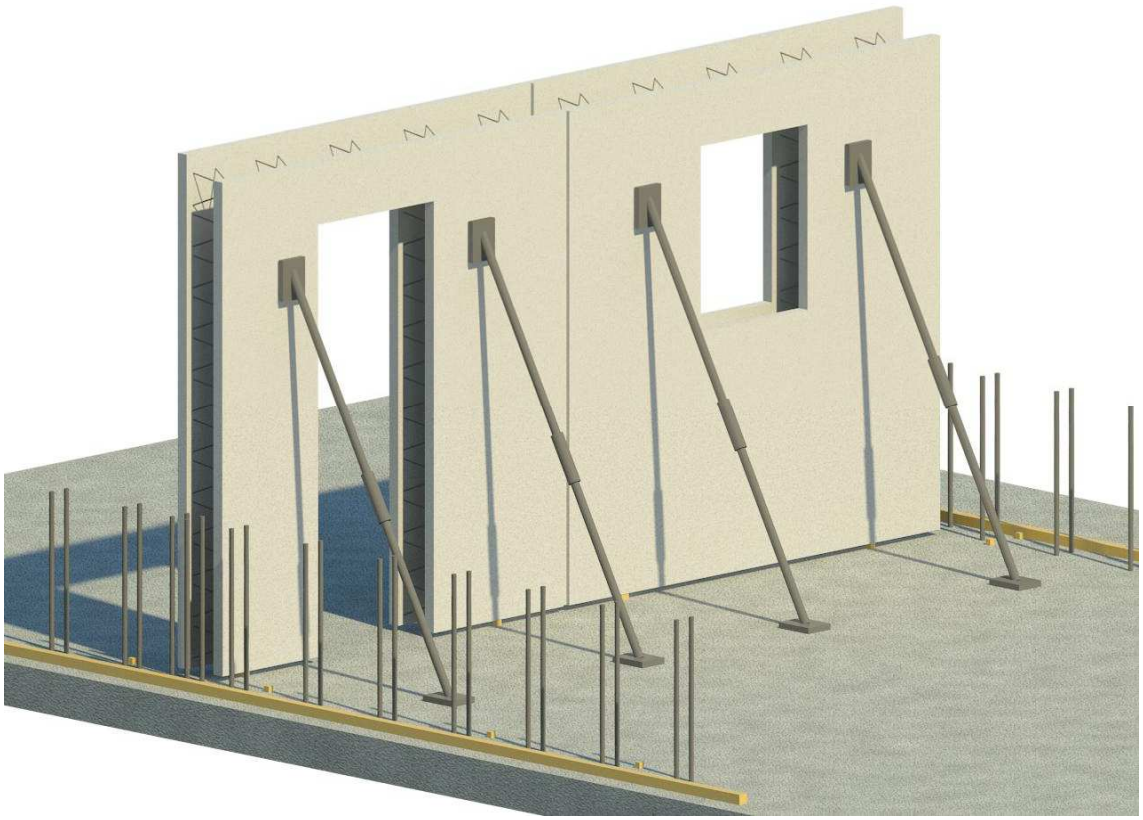


Fig.4.16 – Parete posata in opera e puntellata

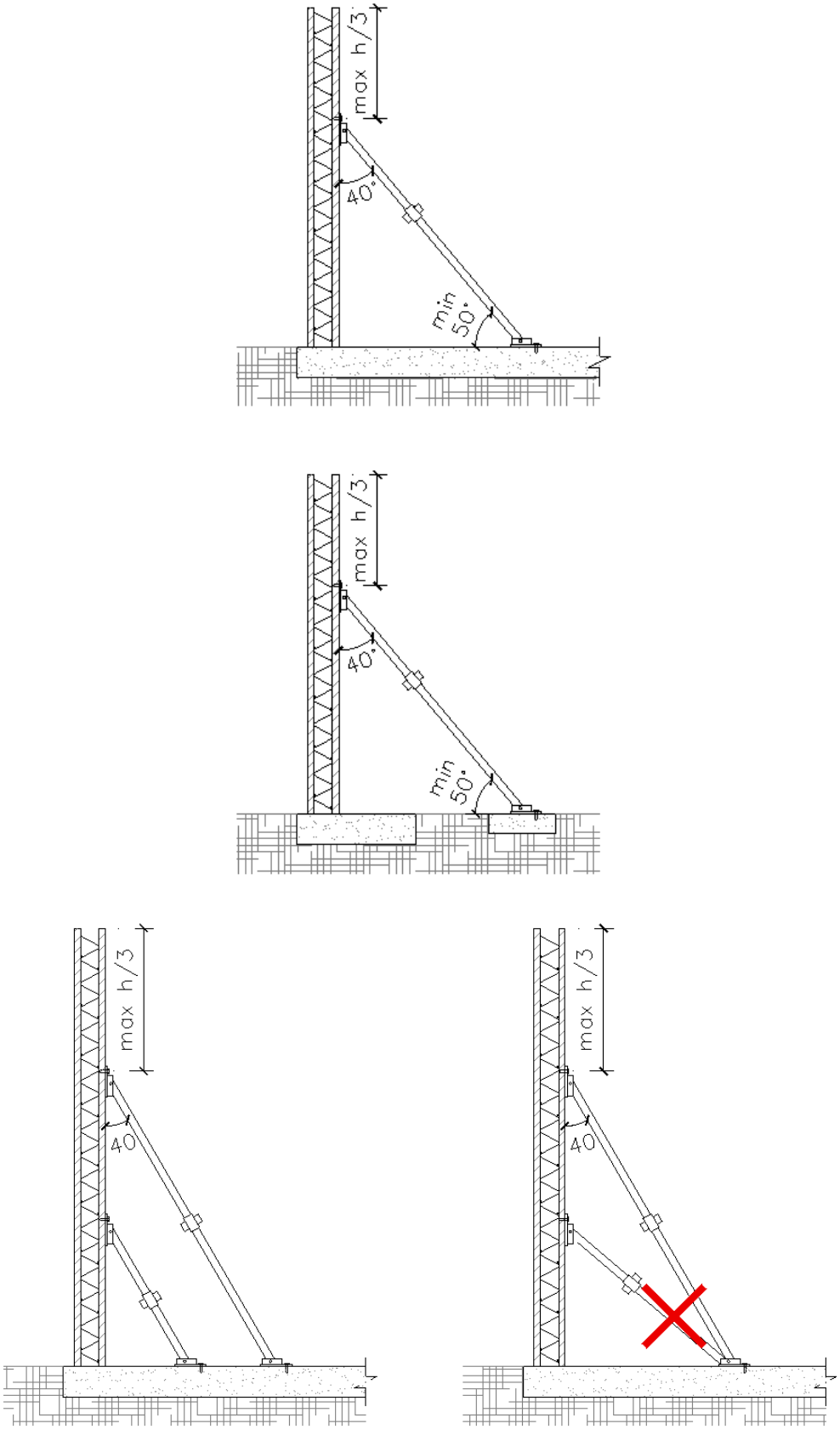


Fig.4.17 - Modalità di puntellazione

Il sistema di puntellazione consente agli operatori di lavorare in totale sicurezza: tutte le fasi operative vengono svolte all'interno dell'area dell'edificio e non operando nella fascia a ridosso tra la parete e il profilo del terreno, con conseguente riduzione dei rischi di infortunio. Qualora si utilizzino Doppie Lastre di grandi dimensioni, con altezze superiori ai 10.0 m, è necessario eseguire una puntellazione su due livelli: la prima a circa 1/3 dalla base mentre la seconda ad 1/3 dalla sommità. Assolutamente da evitare la coincidenza tra i punti di fissaggio al piede dei due ordini di puntelli tira/spingi, come illustrato nella figura sottostante (Fig. 4.15/d). Il collegamento superiore tra Doppie Lastre adiacenti avviene tramite opportuni morsetti a cravatta (graffe): ciò si rende necessario al fine di mantenere un preciso allineamento tra le varie lastre, prevenendo i lievi spostamenti che si potrebbero generare nella fase di getto. L'utilizzo dei morsetti a cravatta è sempre consigliato, ma diviene essenziale nel caso di elementi di altezze superiori ai 5.0 m.

Fig.4.18 - Morsetti a cravatta in sommità delle Doppie Lastre

E' assolutamente vietato riempire lo spazio fra le Doppie Lastre e lo scavo prima che queste siano state gettate e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza minima prevista dal calcolatore dell'opera per quella determinata fase transitoria. Rimane comunque onere del Direttore dei Lavori supervisionare ed eventualmente autorizzare tale operazione.

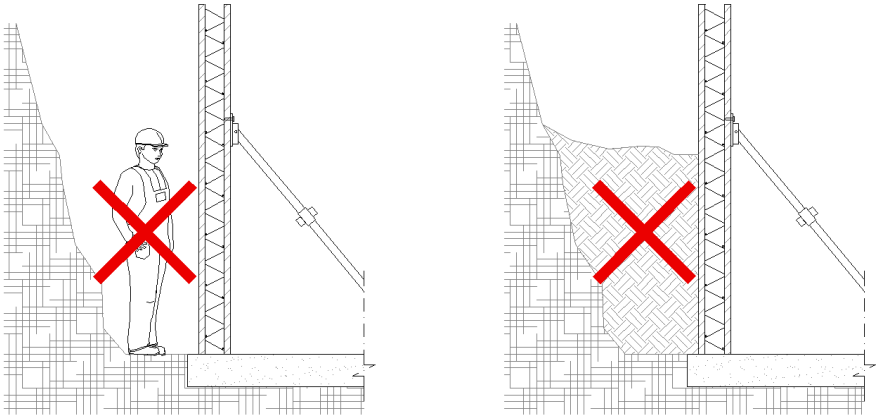


Fig.4.19 - Azioni vietate in fase dimessa in opera

4.20 – Fasi di movimentazione, di messa in opera e di puntellazione

Come anticipato, la tecnologia maggiormente utilizzata per la messa in opera in sicurezza delle Doppie Lastre nella fase transitoria prevede prevalentemente l'utilizzo di puntelli del tipo *"tira-spingi"* in virtù della velocità ed della sicurezza di posa.

E' in ogni caso possibile avvalersi di sistemi di puntellazione più ordinari e di largo utilizzo, a patto che essi siano preventivamente concordati con il produttore delle lastre e che non vengano lasciati al caso e/o improvvisati con mezzi di fortuna, senza avere una precisa consapevolezza delle problematiche e delle azioni in gioco.

Pertanto l'impresa può valutare l'utilizzo di sistemi di puntellazione più tradizionali - metalliche e/o in legno - seguendo però le prescrizioni del produttore, del Direttore dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza.

E' sconsigliabile l'uso di puntelli tradizionali che lavorano solo in contrasto in quanto con tale soluzione possono innescarsi situazioni di pericolo per il personale, a causa degli eventuali cedimenti dei punti di contrasto (terreno, tavolame, ecc.), del mancato equilibrio tra i punti di spinta interno ed esterno al muro o a causa di urti accidentali che possono creare disequilibrio nel sistema di puntellazione; situazioni che il sistema di puntellazione "*tira-spingi*" assolve egregiamente.

Considerando che le operazioni di fissaggio dei puntelli alla Doppia Lastra e di sgancio delle funi dai ganci di sollevamento delle Doppie Lastre prefabbricate vengono eseguite in quota, è opportuno che vengano eseguite con l'ausilio di idonee attrezzature atte ad evitare infortuni.
Normalmente, per altezze fino a 5/6 m, si ricorre all'utilizzo di scale metalliche allungabili; è, al contrario, consigliato l'uso di piattaforme aeree sia nel caso di elementi di altezza considerevole, sia dove la morfologia del terreno non consenta l'uso delle scale in assoluta sicurezza.

Fig.4.21 - Montaggio con piattaforma**.**

Durante la fase di montaggio va posta particolare attenzione alla puntellazione provvisoria da eseguire in presenza di forometrie che, per la loro dimensione possono essere suddivise su più elementi, quali i fori per i portoni. Si possono verificare due situazioni:

- **fori di medie dimensioni di larghezza ≅ 4.0 m**: una volta eretti e fissati gli elementi di spalla, l'elemento orizzontale va appoggiato sulle nicchie a L predisposte sulle suddette spalle (l'appoggio laterale deve essere di circa cm 15 per parte). Tale elemento è autoportante e funge da trave portante poiché tutta l'armatura prevista in fase di progettazione strutturale è inserita all'interno sin dalla fase di produzione. Infine, prima di sganciare l'elemento orizzontale dalle funi, bisogna porre lungo i bordi delle due spalle - nella zona di appoggio (nicchie a L) - due morali in legno (interno ed esterno al muro) di lunghezza idonea in grado di garantire, una volta bloccati fra loro con i morsetti, di creare un'unione solidale con gli elementi verticali e creare cosi un perfetto allineamento;

- **fori di grandi dimensioni di larghezza > 4.0 m**: una volta eretti e fissati gli elementi di spalla, alla base dell'elemento orizzontale va predisposto un idoneo banchinaggio in grado di vincolare l'elemento prefabbricato e di resistere agli sforzi derivanti dalle fasi transitorie. Successivamente l'elemento orizzontale andrà appoggiato sulle nicchie laterali predisposte sulle spalle (l'appoggio laterale deve essere di circa cm. 20/25 cm per parte). Tale elemento funge da trave portante poiché tutta l'armatura prevista in fase di progettazione strutturale è inserita all'interno sin dalla fase di produzione. Tali elementi orizzontali, infine, devono essere puntellati sia alla base che in sommità con l'ausilio dei puntelli "tira-spingi", in modo da poter correggere la verticalità e sopportare gli sforzi derivanti dalle fasi transitorie.

In entrambe le soluzioni si completa il lavoro inserendo opportune armature di collegamento fra le spalle e gli elementi orizzontali.

Fig.4.22 - Aperture di grandi dimensioni

4.7. Assistenza alla messa in opera

Il produttore di Doppie Lastre fornisce per ogni commessa una esaustiva documentazione contenente tutte le prescrizioni necessarie per la corretta movimentazione ed il montaggio delle Doppie Lastre, nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza. Tutte le indicazioni sono esplicitamente riportate sugli elaborati grafici di progetto.

L'Azienda fornisce inoltre, su richiesta, un servizio di supervisione ed assistenza al cliente nelle fasi di preparazione e messa in opera delle Doppie Lastre.

4.8. Materiali ed attrezzi utili per il montaggio

La messa in opera ed il fissaggio provvisorio delle pareti a Doppia Lastra sono operazioni semplici e veloci, non necessitano di maestranze specializzate e richiedono un'attrezzatura limitata facilmente reperibile in qualsiasi cantiere.

Dalla consolidata esperienza - ormai ventennale – dell'Azienda emerge che per poter eseguire il montaggio delle Doppie Lastre con razionalità e velocità, la squadra necessita di poche e semplici attrezzature d'uso comune in edilizia e a disposizione di qualsiasi impresa.

A puro titolo esemplificativo si riporta nel seguito un elenco delle principali attrezzature di cui è opportuno dotarsi al fine di assicurare la massima efficienza e produttività delle squadre di montaggio. L'elenco è frutto dell'esperienza maturata sul campo da numerose squadre di installatori.

Grazie a questa semplice dotazione è possibile completare senza difficoltà le operazioni di montaggio necessarie:

- livella;
- nastro metrico;
- filo batticorda e gesso;
- morsetti a cravatta (graffe);
- trapano con punte al widia (diametri: 12-14-16 mm);
- chiave a cricco o avvitatore con bussole (da 19 a 27 mm);
- smerigliatrice/flessibile angolare con dischi al widia;
- prolunga elettrica da 50 m;
- stadia in alluminio da 2.0 m con livella (per livelli e piombature);
- martello;
- morsetti;
- leva ad unghia o piede di porco;
- scala;
- laser;
- catene di sollevamento;
- tutto il materiale antinfortunistico necessario per garantire la sicurezza degli operatori.

Fig.4.23 - Attrezzatura per montaggio Doppie Lastre

Considerando che la posa delle Doppie Lastre avviene normalmente nelle prime fasi di allestimento del cantiere, potrebbe essere utile prevedere la disponibilità di un gruppo elettrogeno qualora non fosse ancora disponibile la fornitura di energia elettrica. Riveste, inoltre, un aspetto rilevante la predisposizione in cantiere dei materiali di consumo necessari alla posa i quali, a seconda del contratto di fornitura, vengono forniti dalla ditta produttrice dei prefabbricati a nolo o in vendita.

Di seguito una lista dei materiali di consumo più comuni:

- puntelli del tipo "*tira-spingi*" per la puntellazione provvisoria;
- tasselli meccanici per il fissaggio a terra dei puntelli;
- chiodi in acciaio;
- viti per il fissaggio dei puntelli alle boccole inserite nelle Doppie Lastre;
- cunei di legno duro;
- piastrine/distanziatori in pvc per livellamento tra fondazione e prefabbricati;
- set di rinforzo per gli angoli;
- passerella a sbalzo (ponteggio) per le operazioni di getto delle Doppie Lastre.

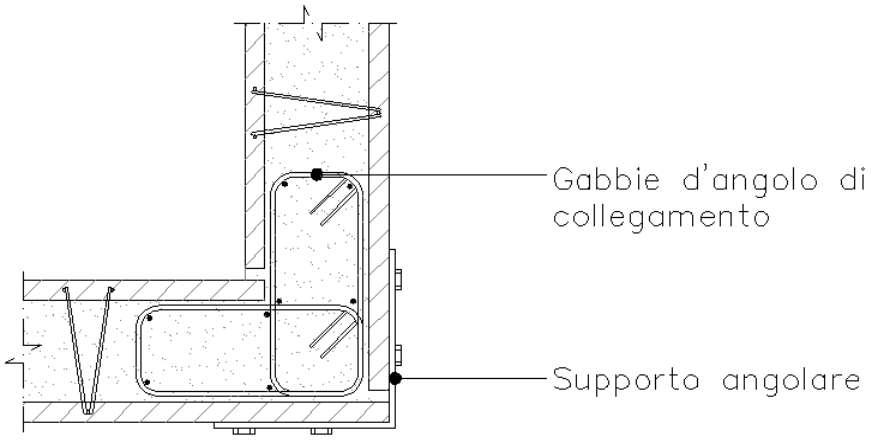
4.9. Armatura integrativa prima del getto di completamento

Prima di effettuare il getto di completamento è necessario inserire le eventuali armature integrative orizzontali e/o verticali previste dal Progettista, secondo le prescrizioni fornite dallo stesso. E' buona norma completare l'operazione di posa delle armature integrative quando sono accostati non più di 3 o 4 elementi prefabbricati, al fine di facilitare l'inserimento delle barre orizzontali col passo previsto a progetto. E' consigliabile dimensionare il passo delle barre in modo che coincida con il passo delle staffe dei tralicci.

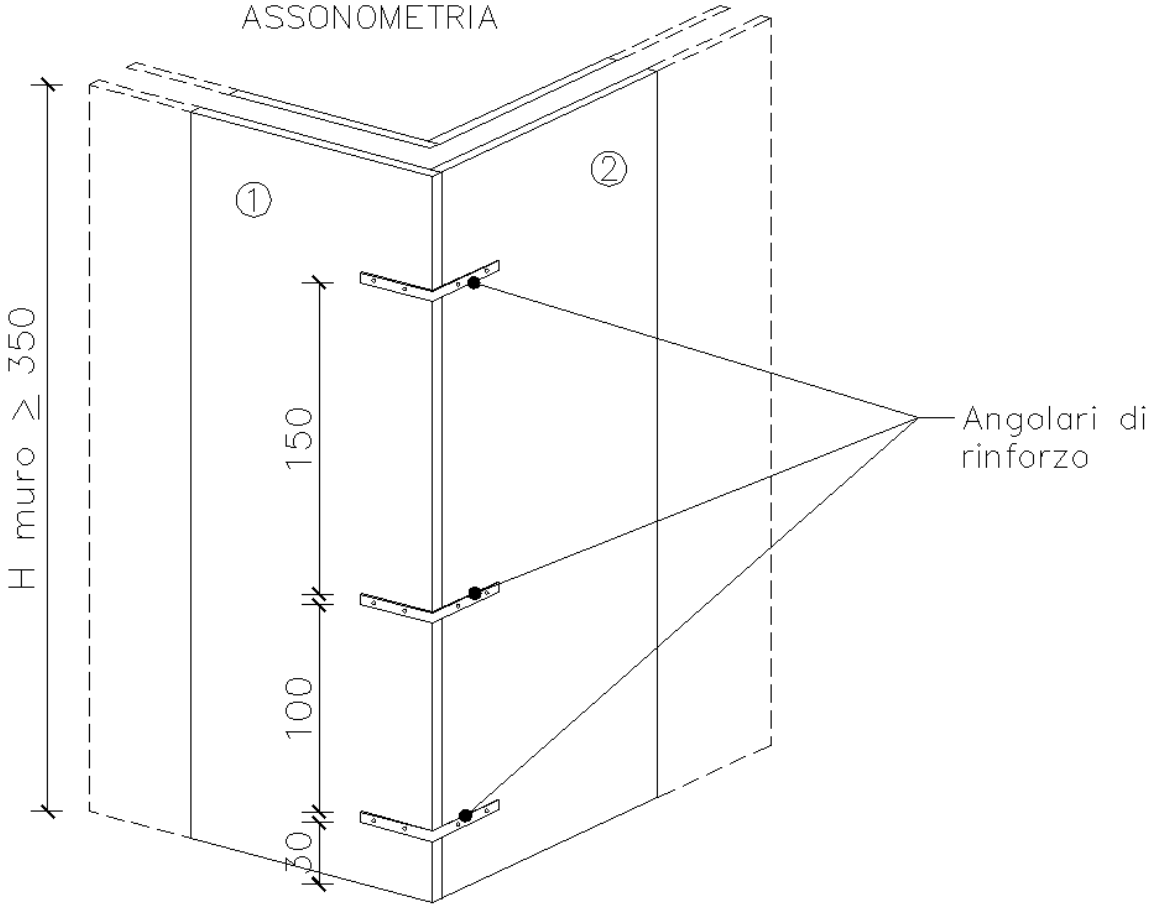
Fig. 4.24 – Posizionamento armatura integrativa di ripartizione orizzontale

Infine, per le Doppie Lastre con altezza superiore ai 3.0 m è consigliabile, qualora indicato negli elaborati di progetto, fissare dei supporti angolari di rinforzo sull'esterno dell'angolo, in modo da evitare movimenti relativi durante la fase di getto.

SCHEMA ANGOLO DOPPIE LASTRE



ASSONOMETRIA



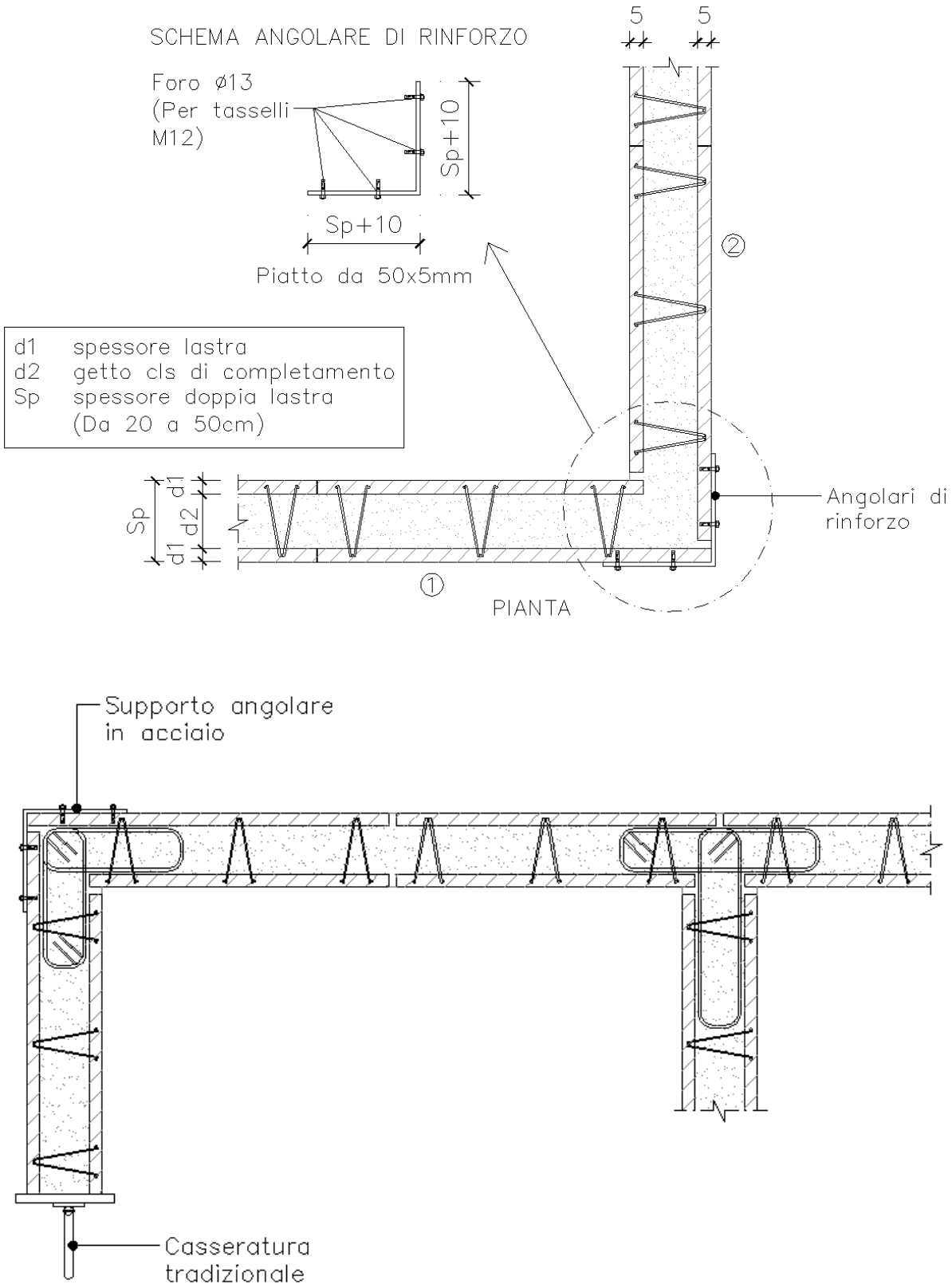


Fig.4.25 - Dettaglio angolare laterale per fissaggio nella fase di getto.

Come nei muri tradizionali, prima del getto del calcestruzzo di riempimento, tutte le aperture devono essere adeguatamente casserate. Per ridurre i tempi di messa in opera dei muri è possibile richiedere ed utilizzare sistemi di chiusura già inseriti nelle Doppie Lastre denominate "testate di chiusura".

Considerando che le Doppie Lastre vengono messe in opera praticamente accostate fra loro normalmente i giunti verticali non necessitano di alcuna sigillatura. Il giunto orizzontale alla base della lastra deve essere casserato secondo le specifiche esigenze e la tipologia di giunto adottato.

Fig.4.26 – Vista di un cantiere in provincia di Verona

4.10. Trasporto calcestruzzo di completamento con autobetoniera

Quando presenti in cantiere, le centrali di betonaggio possono essere normalmente utilizzate per il confezionamento del calcestruzzo di riempimento dell'intercapedine, a condizione che venga assicurata una produzione di calcestruzzo di qualità e dalle caratteristiche previste a progetto.

Se invece la centrale di betonaggio non è presente in cantiere, si può effettuare l'approvvigionamento del calcestruzzo da impianti di preconfezionamento specializzati e debitamente qualificati secondo le nuove disposizioni previste dalle NTC 2008. In questo caso occorre considerare ed organizzare anche il trasporto del calcestruzzo dal centro di produzione fino al cantiere. Le autobetoniere sono mezzi concepiti per adempiere alla mescolazione ed al trasporto del calcestruzzo e sono costituite da un tamburo ruotante attorno ad un asse inclinato di circa 15 gradi rispetto all'orizzontale, montato su mezzi di trasporto stradali.

All'interno del tamburo sono montate una serie di pale le quali durante la rotazione dello stesso sollevano e rimescolano in continuo il calcestruzzo. Le dimensioni approssimative di massimo ingombro delle autobetoniere sono 8.0 x 2.5 x 4.0 m, a cui si devono aggiungere gli ingombri necessari alle operazioni di getto.

E' pertanto di fondamentale importanza assicurare adeguati spazi di manovra, posizionamento, scarico ed alimentazione dell'eventuale pompa di getto.

4.11. Pompaggio del calcestruzzo

In molti casi il getto del calcestruzzo di completamento in opera viene effettuato mediante pompaggio. I vantaggi del calcestruzzo pompato derivano dalla possibilità di raggiungere notevoli altezze e/o posizioni inaccessibili o comunque difficili da raggiungere.

Il sistema è particolarmente indicato specialmente se la pompa è alimentata da calcestruzzo preconfezionato trasportato con autobetoniera. Il trasporto del calcestruzzo nelle tubazioni avviene a mezzo di pompe che si possono classificare in tre distinte tipologie:

- pompe a rotore;
- pompe a pistone;
- pompe pneumatiche.

Le pompe generalmente utilizzate per pompare calcestruzzi ordinari, intendendo con tale termine i calcestruzzi normalmente impiegati per i getti di riempimento ed aventi aggregati di diametro massimo compreso tra 15 e 40 mm, appartengono alle prime due tipologie.Il diametro minimo del tubo di pompaggio, correlato alle dimensioni degli aggregati utilizzati, deve avere le seguenti dimensioni minime;

- 75 mm per calcestruzzo con $Ø_{max}$ compreso tra 15 e 20 mm;
- 100 mm per calcestruzzo con $Ø_{max}$ compreso 20 e 30 mm;
- 125 – 160 mm per calcestruzzo con $Ø_{max}$ dell'aggregato compreso tra 30 e 40 mm.

Generalmente per i getti da effettuare entro le due lastre si impiegano tubi di pompaggio con diametro dell'ordine dei 160 mm. La scelta del diametro del tubo più idoneo per il getto dovrà ovviamente tenere conto, oltre che del diametro degli aggregati, anche della distanza minima netta tra le due lastre prefabbricate.

È necessario, inoltre, osservare le prescrizioni per le riprese di getto; al fine di ottenere un getto perfettamente monolitico devono essere adeguatamente considerati il fattore climatico e la composizione del calcestruzzo, così da poter valutare il tempo massimo che può intercorrere tra il getto di uno strato e quello successivo.

4.12. I controlli prima del getto di completamento

Con la fase di getto normalmente si *"conclude"* la fornitura/posa del manufatto prefabbricato, ma prima di eseguire le operazioni di getto è opportuno che vengano condotti tutti i controlli necessari da parte dell'Impresa e del Direttori Lavori, affinché prima di autorizzare il getto ci sia un sostanziale riscontro di quanto previsto e predisposto. Questo è un momento molto importante in quanto eventuali problemi rilevati prima del getto possono essere facilmente risolti.

Dopo il getto un qualsiasi intervento potrebbe risultare di difficile se non impossibile attuazione e in ogni caso più oneroso.

Considerata l'importanza delle operazioni di getto in opera del calcestruzzo e di tutte le fasi relative è necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il Progettista ed eventualmente con i laboratori esterni per i prelievi di campioni di calcestruzzo;
- l'istruzione/coordinamento con i fornitori per la consegna del calcestruzzo delle caratteristiche prescritte, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con le relative caratteristiche;
- l'istruzione degli operatori per organizzare messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, delle condizioni climatiche.

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- data e ora del getto;
- la/e parte/i di struttura/e interessata/e dal getto;
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori ha verificato:

- la corretta messa in opera delle Doppie Lastre (posizione, verticalità, allineamenti, giunti, ecc.);
- la pulizia della base del getto e del giunto di base (ove presente);
- il corretto posizionamento e la corrispondenza al progetto delle armature e dei relativi copri ferri;
- la posizione di eventuali inserti/fori;
- l'umidificazione delle superfici interne delle Doppie Lastre.

Superati positivamente tutti i controlli dopo la messa in opera si può passare alla fase di getto.

4.13. Il getto del calcestruzzo di completamento

Secondo le prassi abitualmente utilizzate nei cantieri, si possono distinguere tre diverse modalità di getto del calcestruzzo di completamento tra cui:

- il getto in sommità della parete con benna movimentata a mezzo di gru di cantiere;
- il getto con l'utilizzo di benna dotata di tubo di convogliamento;
- il getto tramite impiego di autopompa.

Nel caso di Doppie Lastre il sistema consigliato e più largamente utilizzato prevede il getto del calcestruzzo tramite autopompa, in quanto, grazie alla sua flessibilità, permette di ottimizzare e velocizzare le operazioni di getto e consente una grande manovrabilità del tubo di convogliamento, la continuità delle operazioni di getto, un attento controllo della pressione del getto ed inoltre consente l'utilizzo contemporaneo della gru di cantiere per altre lavorazioni.

Il getto deve essere preceduto dalle abituali regole per un'esecuzione a perfetta regola d'arte, rispettando rigorosamente che la temperatura ambientale si mantenga superiore a $T > 5$ °C per tutta la fase di getto e di prima maturazione. Preventivamente al getto, è buona norma inumidire le superfici interne delle Doppie Lastre mediante irrorazione. Il calcestruzzo del getto di completamento deve avere la resistenza meccanica prescritta a progetto ed avere una consistenza adeguata alle modalità di getto adottate.

Fondamentale è la consistenza del calcestruzzo, auspicabilmente molto fluida specialmente per quanto riguarda la prima parte del getto, per un'altezza compresa tra 1.0 e 1.5 m.

Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, è necessario che l'impasto sia alimentato in modo continuo e che risulti uniforme, di buona qualità, omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico. E' buona norma prevedere un diametro massimo dell'aggregato non eccedente i 16 mm. Il calcestruzzo, spinto dal movimento alterno dei pistoni, deve poter fluire nelle tubazioni senza contraccolpi ed in modo continuo.

4.14. Vibrazione del getto

Per permettere il mutuo scorrimento tra gli aggregati presenti nel calcestruzzo è necessario applicare una forza vibrante che provoca un'espansione. Le numerose superfici di contatto tra gli aggregati creano vari attriti interni e la vibrazione ha come risultato proprio la riduzione o l'annullamento di questo attrito interno. La vibrazione produce, dunque, un'espansione che contrasta la pressione esterna, dovuta a peso proprio e coesione, al fine di mantenere gli inerti e le particelle di malta separati tra loro per brevi intervalli di tempo; una volta separati, essi possono ruotare, spostarsi e sistemarsi in posizioni diverse.

Affinché la vibrazione abbia effetto, è necessario applicare un'energia vibrante che provochi un'espansione superiore alla pressione: il calcestruzzo, in cui viene a diminuire l'attrito interno tra i componenti, si presenta quindi simile ad un liquido, che riempie le casseforme spontaneamente. È possibile vibrare il calcestruzzo tramite l'introduzione di aghi vibranti al suo interno. I vibratori sono caratterizzati da due dati essenziali:

- la frequenza, ovvero il numero di vibrazioni al minuto;
- la potenza, ovvero l'energia di vibrazione sviluppata nell'unità di tempo, espressa generalmente in kW.

Questo tipo di vibrazione, detta anche pervibrazione, si presenta come la più efficiente; tuttavia, essa richiede una maggior cura, al fine di assicurare una compattazione omogenea. È inoltre necessario estrarre il vibratore molto lentamente dal calcestruzzo mentre è in funzione al fine di non lasciare vuoti o concentrazioni di accumuli di pasta di lattice di cemento.

La frequenza di vibrazione, variabile secondo il tipo di vibratore, gioca un ruolo molto importante nel processo, in quanto ogni granulo oscilla nella pasta cementizia come un pendolo sincronizzato su una determinata frequenza; è necessario, quindi, scegliere la frequenza secondo le dimensioni dei granuli che si vogliono far vibrare, cioè in funzione della granulometria del calcestruzzo.

In particolare le basse frequenze mettono in movimento gli inerti grossi, le medie frequenze gli inerti medi e le alte frequenze agiscono sulla malta e sul cemento.

Dal punto di vista economico è meglio operare sulle frequenze alte, in quanto esse mettono in movimento solo la malta ed il cemento, i quali presentano una massa minore rispetto agli inerti di dimensioni maggiori e richiedono quindi un minore dispendio di energia. La malta vibrata, divenuta liquida, agisce come un lubrificante fra gli inerti, i quali scivolano spontaneamente e il calcestruzzo si presenta più compatto dopo la vibrazione. La vibrazione ha un duplice effetto: non solo essa fluidifica il calcestruzzo permettendone la messa in opera, ma lo compatta anche; ciò avviene grazie all'aumento di densità e all'evacuazione dell'aria contenuta.

La compattazione, quindi, è favorita dalla compressione e risulta pertanto maggiore in profondità che non in superficie.

I vibratori sono caratterizzati anche dal raggio d'azione utile, ovvero la distanza oltre la quale il vibratore stesso non è più in grado di provocare la fluidificazione necessaria per la compattazione.

Per dare un'idea del raggio d'azione si pensi di avere una cassaforma riempita di calcestruzzo con un vibratore nel centro e di appoggiare sul calcestruzzo una barra d'acciaio di diametro 20 mm e lunghezza un metro; variando la posizione di tale barra rispetto al vibratore, avremo una velocità di affondamento della stessa diversa e, in particolare, decrescente proporzionalmente con la distanza dal vibratore.

Si determina, allora, il raggio d'azione di un vibratore, come la distanza entro la quale la barra può raggiungere il fondo nel tempo di un minuto.

Nel caso in cui un ago vibrante abbia un raggio d'azione pari a 20 cm, al fine di vibrare completamente il calcestruzzo, sarà necessario immergere l'ago ogni 30 cm; in particolare la distanza di un punto di immersione dal successivo dovrà essere pari a 3/2 del raggio d'azione.

Il raggio d'azione aumenta all'aumentare della potenza del vibratore; in particolare un vibratore con una potenza quattro volte superiore a quella di un altro vibratore avente la medesima frequenza, avrà un raggio d'azione doppio.

Grazie alla fluidificazione del calcestruzzo, per effetto della vibrazione, i grani più grossi tendono a scendere verso il basso favoriti dal loro peso, ovvero si può generare segregazione.

La vibrazione può causare la stratificazione del calcestruzzo, in modo che gli inerti di dimensioni maggiori si trovino sul fondo e la malta in superficie; questo si verifica generalmente in un calcestruzzo troppo liquido, nel quale malta ed acqua sono presenti in eccesso.

Viceversa, nel caso in cui si abbia poca malta, si può verificare il fenomeno inverso, ovvero la migrazione della malta verso il fondo della cassaforma e la formazione di vuoti nella parte superiore del getto. Risulta quindi necessario definire correttamente il *mix design*, in modo da diminuire il più possibile la formazione di vuoti.

Concludendo, la vibrazione è un elemento necessario ed essenziale per una corretta messa in opera del calcestruzzo, in quanto permette di diminuire la quantità di acqua presente nel getto e, di conseguenza, aumentarne la resistenza.

E' comunque necessario un adeguato studio della miscela del calcestruzzo nonché una scelta mirata dei vibratori per evitare fenomeni di segregazione; è infine importante vibrare tutto il getto in quanto una porzione di calcestruzzo non vibrata rappresenta un punto di debolezza per la struttura.

4.15. Maturazione del calcestruzzo di completamento

Con l'utilizzo delle Doppie Lastre la maturazione del calcestruzzo di completamento avviene nelle migliori condizioni possibili, in quanto il getto risulta efficacemente protetto dalle lastre esterne prefabbricate, che fungono da elemento protettivo oltre che da cassero. Grazie a ciò vengono considerevolmente ridotte o annullate le conseguenze dovute al ritiro plastico e igrometrico del calcestruzzo.

Tutto il getto è protetto dall'ambiente esterno: rimane esposta soltanto una piccolissima zona, nella parte superiore della parete, la cui protezione nei confronti dell'irraggiamento, del gelo o delle avverse condizioni ambientali risulta in genere molto semplice.

Considerando, infine, che i casseri impiegati per la realizzazione di muri con tecnologia tradizionale vengono spesso lasciati in opera per circa 24 ore (e quindi non proteggono sufficientemente il getto nell'importantissima fase di prima maturazione) appare evidente come l'impiego del sistema a Doppia Lastra offra indiscutibili vantaggi nel perseguire un'elevata qualità del calcestruzzo ed una durabilità superiore.

Occorre inoltre tenere presente che lo sviluppo della resistenza meccanica, in funzione del tempo di maturazione, è strettamente connessa con le temperature medie esistenti in cantiere e con il tipo di cemento adottato.

In generale, per calcestruzzi che debbano essere esposti alle condizioni previste per le Classi X0 o XC1 (cfr. UNI EN 206-1), il periodo minimo di maturazione (*curing*) deve essere di 12 ore, sempre che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia uguale o superiore a 5 °C.

In ogni caso, a meno che non sia diversamente specificato, il calcestruzzo per applicazioni in Classi diverse dalla X0 o dalla XC1 deve subire il processo di *curing* fino a che la resistenza abbia raggiunto il 50 % della resistenza a compressione specificata a progetto.

Salvo adottare particolari precauzioni il getto del calcestruzzo di completamento non deve mai avvenire a temperatura inferiore a +5 °C e non dovrebbe raggiungere, almeno per i primi giorni, temperature prossime a 0 °C.

In ogni caso si deve evitare che la temperatura del calcestruzzo gettato scenda sotto 0 °C fino a che il calcestruzzo non abbia raggiunto almeno una resistenza $R_{ck,j} \geq 5.0$ N/mm^2, normalmente adottata come parametro di riferimento.

Il valore di soglia 5.0 N/mm^2 corrisponde ad un grado di idratazione sufficiente a produrre una auto-essiccazione accompagnata dalla formazione di un volume di pori che permette all'acqua che gela di espandere senza danno per il calcestruzzo.

Al contrario, a meno che non sia diversamente specificato, il picco di temperature per il calcestruzzo all'interno del manufatto non deve raggiungere e superare i 65 °C, sempre che non si sia certi che, con i materiali utilizzati, temperature più elevate non producano effetti rilevanti sulle prestazioni di servizio del calcestruzzo.

4.16. Disarmo e rimozione dei puntelli

Il disarmo delle pareti a Doppia Lastra dai puntelli di messa in opera non deve avvenire prima della necessaria maturazione del getto di completamento e comunque non prima che la resistenza meccanica del getto abbia raggiunto il valore minimo necessario all'impiego della struttura all'atto del disarmo.

Sarà cura e responsabilità del Direttore dei Lavori valutare i tempi corretti di disarmo tenendo in debita considerazione il tempo di maturazione trascorso e le temperature ambientali rilevate.

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare l'innesco di azioni dinamiche: in primo luogo devono essere rimossi i puntelli e successivamente le graffe o cravatte in sommità.

4.17. Operazioni di finitura

A lavoro ultimato la parete si presenta come un muro ordinario in c.a., massiccio e perfettamente monolitico, che può rispondere a qualsiasi esigenza progettuale. Rimossi i puntelli si può quindi provvedere, in funzione della destinazione d'uso, alla rasatura delle boccole e/o dei giunti, quando necessario.

Le due superfici esterne delle pareti possono infine essere completate e/o rifinite come da progetto applicando intonaci, isolanti, rivestimenti e/o impermeabilizzazioni, sempre in funzione delle specifiche esigenze per le destinazioni d'uso previste.

Le operazioni di finitura possono essere realizzate in opera, ma, come detto in precedenza, in alcuni casi possono essere già previste ed inglobate nella Doppia Lastra in fase di produzione.

A completamento delle operazioni sopra descritte, si riporta nel Prospetto sottostante il riepilogo, in sequenza cronologica, delle varie operazioni di messa in opera.

n°	Azioni di posa delle Doppie Lastre
01	Verifica dei livelli e della planarità dell'estradosso delle fondazioni
02	Tracciamento degli allineamenti dei muri
03	Posa dei regoli di legno per l'allineamento
04	Sollevamento delle Doppie Lastre dagli automezzi
05	Movimentazione e posa in opera delle Doppie Lastre
06	Stabilizzazione delle Doppie Lastre mediante i puntelli di controventamento e relativa verifica della verticalità
07	Posa delle graffe di allineamento sulla sommità dei muri
08	Inserimento delle eventuali armature di completamento all'interno delle due lastre
09	Completamento delle opere di casseratura
10	Getto del calcestruzzo secondo le prescrizioni, a strati successivi opportunamente vibrati e compattati
11	Eventuale inserimento di armature di collegamento per il giunto orizzontale superiore della parete
12	Maturazione e *curing* del calcestruzzo gettato con particolare riguardo al calcestruzzo superiore a vista
13	Disarmo, solo dopo disposizioni impartite dalla Direzione Lavori

Prospetto 4.1 - Piano di posa delle pareti realizzate con Doppie Lastre

5. VOCI DI CAPITOLATO PER DOPPIE LASTRE

5.1. Generalità

Data la notevole variabilità di dimensioni, morfologie, destinazioni d'uso e prestazioni che gli elementi a Doppia Lastra consentono di realizzare e tenuto conto delle differenti tipologie e esigenze progettuali, non è possibile predisporre una voce di capitolato unica e valida per ogni condizione di impiego.

Ciononostante si ritiene utile fornire almeno tre esempi di voci di capitolato per la tipologia di Doppie Lastre largamente più diffuse ed utilizzate. In ogni caso è sempre possibile contattare l'azienda produttrice di Doppie Lastre più vicina per avere utili indicazioni circa la predisposizione di voci di capitolato più dettagliate ed esaustive perfettamente aderenti alle specifiche esigenze del progetto.

E' di fondamentale importanza, nella fase di messa a punto del capitolato e nella successiva fase d'ordine, definire chiaramente le prestazioni specifiche previste a progetto che possono avere significative ripercussioni sulle caratteristiche del manufatto e di conseguenza sul prezzo.

Alcune delle più importanti indicazioni da inserire nella voce di capitolato sono le seguenti:

- vita nominale e classe d'uso;
- classe di esposizione del manufatto;
- classe di resistenza del calcestruzzo;
- classe di resistenza al fuoco, ove prevista;
- copriferro minimo richiesto per le armature più esterne;
- valore di trasmittanza o resistenza termica.

Di seguito si riportano due esempi di voci di capitolato per Doppie Lastre *standard* ed una comparazione economica tra un muro portante realizzato con il sistema a Doppia Lastra ed un analogo muro realizzato con l'usuale tecnica del getto in opera. Le parti in rosso sono di volta in volta suscettibili di modifiche e personalizzazioni in base alle esigenze di progetto.

5.2. Esempio 1 – Realizzazione di muro in c.a. con Doppia Lastra

Realizzazione di muri in elevazione in c.a. realizzati con sistema costruttivo a Doppia Lastra costituito da elementi prefabbricati dotati di marcatura CE in conformità alla norma UNI EN 14992 (o alla UNI EN 15298), costituito da due lastre prefabbricate parallele, dello spessore nominale di ***5.0 cm****, confezionate con calcestruzzo vibrocompattato di classe* ***C25/30*** *per classe di esposizione* ***XC1****, armate nello spessore con reti e/o tralicci in acciaio B450A e barre in acciaio B450C, compreso di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati e del getto di completamento in opera con calcestruzzo a prestazione garantita di classe* ***C25/30*** *avente classe di Slump 4, compresa la vibrazione.*

Sono compresi anche i necessari dispositivi per il sollevamento, la movimentazione e la puntellazione con elementi "tira e spingi" per un'altezza netta dal piano di appoggio fino ***3.5*** *m. E' escluso tutto l'acciaio delle armature integrative (longitudinali e trasversali) previste a progetto - sia quello inserito nelle lastre prefabbricate che quello posato in opera prima dei getti – che saranno contabilizzare a parte.*

Il trasporto franco cantiere di destinazione avviene a mezzo di autotreni o autoarticolati con carico completo. Unitamente alla fornitura è compresa la consegna al Committente della documentazione tecnica prevista per legge.

5.3. Esempio 2 - Sola fornitura in cantiere delle Doppie Lastre

*Fornitura di elementi prefabbricati a Doppia Lastra in calcestruzzo armato, dotati di marcatura CE in conformità alla UNI EN 14992 (o alla UNI EN 15298) prodotti in stabilimenti qualificati ai sensi del DM 14.01.2008, costituiti da due lastre parallele in c.a. prodotte con calcestruzzo classe **C25/30** per classe di esposizione **XC1**, armate nello spessore con reti e/o tralicci in acciaio B450A e barre in acciaio B450C. La Doppia Lastra è dotata dei necessari dispositivi per il sollevamento e la movimentazione.*

Il trasporto franco cantiere di destinazione avviene a mezzo di autotreni o autoarticolati con carico completo. Unitamente alla fornitura è compresa la consegna al Committente della documentazione tecnica prevista per legge.

Sono escluse e devono essere conteggiate a parte la messa in opera, le opere di puntellazione, l'armatura integrativa inserita nelle Doppie Lastre e quella aggiunta in opera, getto e vibrazione del calcestruzzo in opera.

5.4. Esempio 3 - Fornitura e posa Doppie Lastre a Taglio termico

*Realizzazione di muri in elevazione in cemento armato, dello spessore totale di **40.0** cm. mediante l'utilizzo di pareti prefabbricate in calcestruzzo, di tipo composito, aventi facciata esterna con funzione di isolamento termico ed acustico, realizzate col sistema costruttivo **Termobilastra**® e getto di completamento da eseguire in opera. La Doppia Lastra a taglio termico è costituita da due lastre in calcestruzzo armato, interna ed esterna, dello spessore nominale di **5.0** cm, confezionate con calcestruzzo vibrocompattato di classe **C25/30** per classe di esposizione **XC1**, armate nello spessore con reti e/o tralicci in acciaio B450A e barre in acciaio B450C. Le lastre sono separate da un'intercapedine di spessore **15.0** cm, in cui è inserita l'armatura strutturale del muro e dal pannello di materiale coibente applicato sull'intradosso della lastra esterna. Le due lastre sono collegate fra loro con elementi puntuali con basso coefficiente termico. Le Doppie Lastre **Termobilastra**® sono prodotte applicando gli standard normativi europei e sono marcate in conformità alle norme EN 14992: 2007 e EN 15258: 2009 presso uno stabilimento qualificato che applica tutti i provvedimenti riguardanti l'attestazione di controllo del processo di fabbrica (FPC). L'isolante da porre nell'intercapedine della parete dovrà avere spessore pari a **10.0** cm e conduttività termica idonea specifica per assicurare un indice di trasmissione termica in opera calcolato $U \leq$ **0.27** W/m^2K.*

Gli elementi prefabbricati devono, inoltre, essere dotati di idonei ganci per il sollevamento e la movimentazione e di apposite boccole filettate in numero e sezione adeguate al fissaggio dei puntelli di sostegno provvisori del tipo Tira/Spingi necessari alla messa in opera.

*Nel prezzo si intendono compresi la fornitura e l'esecuzione del getto in opera di calcestruzzo di completamento a prestazione garantita con resistenza caratteristica **C25/30**, di consistenza S4 e diametro massimo degli inerti di **25** mm, gli innesti alla fondazione ed ai solai, la vibrazione meccanica, l'armatura provvisoria di sostegno, la formazione di fori e smussi, la sigillatura dei giunti verticali e orizzontali con schiuma poliuretanica per l'eliminazione dei ponti termici e con sigillanti siliconici per finitura estetica. Sono compresi e compensati tutti gli oneri relativi ai trasporti, al carico e scarico, al sollevamento, alla messa in opera di ponteggi, le spese generali, l'utile d'impresa e tutto quanto necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.E' da considerarsi escluso, e quindi da computarsi a parte l'acciaio di armatura statica aggiuntiva, sia inserito nelle lastre sia da posare in opera prima del getto di calcestruzzo di completamento, quali barre verticali od orizzontali (oltre quelle di confezione), gabbie per pilastri o corree, gabbie d'angolo o di intersezione di muri.*

5.5. Comparazione tra parete tradizionale realizzata interamente in opera e parete portante semi-industrializzata realizzata con il sistema a Doppia Lastra

Spesso le valutazioni economiche di comparazione tra il sistema a Doppia Lastra ed il sistema tradizionale vengono compiute in modo incompleto e parziale, non consentendo di apprezzare compiutamente i vantaggi economici/qualitativi/temporali di cui possono beneficiare le imprese grazie all'impiego del sistema industrializzato a Doppia Lastra.

Si riporta, pertanto, di seguito un esempio nel quale vengono analizzate nel dettaglio tutte le voci o le componenti di cui tenere conto al fine di effettuare una corretta comparazione.

L'esempio proposto consente di verificare come aumentare l'efficienza in progetti e cantieri per quanto riguarda la costruzione di una parete caratterizzata da determinati dati geometrici, sulla base dei medesimi requisiti per quanto riguarda classe di esposizione e classi di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

Nei prospetti seguenti sono riportati:

- i dati geometrici della parete,
- le caratteristiche del calcestruzzo e del sito di costruzione,
- le produttività orarie delle lavorazioni e le incidenze dei materiali per unità di sup. verticale.

Dati geometrici della parete		
Superficie complessiva della parete in c.a.	250,00	m^2
Superficie di muro da casserare (solo per sistema tradizionale)	500,00	m^2
Spessore totale parete finita	0,30	m
Altezza della parete	2,75	m

Caratteristiche del calcestruzzo e del sito di costruzione		
Classe di resistenza del calcestruzzo (Rck)	30	MPa
Classe di consistenza del calcestruzzo	S4	-
Classe di esposizione della struttura	XC1	-

Produttività orarie e incidenze materiali		
Montaggio parete a Doppia Lastra	0,15	h/m^2
Montaggio casseforme metalliche modulari rette	15	m^2/h
Puntelli	0,3	$punt./m^2$
Produttività posa acciaio d'armatura	80	kg/h
Getto calcestruzzo con pompa autocarrata	18	m^3/h
Incidenza armatura (Doppia Lastra: ϕ10/20 verticali)	6,17	kg/m^2
Incidenza armatura (Doppia Lastra: ϕ8/20 orizzontali)	3,95	kg/m^2
Incidenza armatura (Tradizionale: ϕ8/20+ ϕ10/20)	10,12	kg/m^2

Si riportano di seguito i calcoli eseguiti per determinare le incidenze relative all'acciaio d'armatura e alle altre voci prese in considerazione per unità di superficie verticale della parete.

Armatura integrativa verticale ϕ10/20 (Doppia Lastra)

$$\left(0.617 \, {}^{kg}/_{m^2} \Big/ 0.2 \, m\right) \cdot 2 = 6.17 \, \frac{kg}{m^2}$$

Correnti orizzontali ϕ8/20 (Doppia Lastra)

$$\left(0.395\,{}^{kg}/_{m^2}\,{}/_{0.2\ m}\right)\cdot 2 = 3.95\,\frac{kg}{m^2}$$

Doppia maglia ϕ10/20 verticale e ϕ8/20 orizzontale (Tradizionale)

$$\left(0.395\,{}^{kg}/_{m^2}\,{}/_{0.2\ m} + {}^{0.617\,kg}/_{m^2}\,{}/_{0.2\ m}\right)\cdot 2 = 10.12\,\frac{kg}{m^2}$$

Ove: 0,395 kg/m = peso per unità di lunghezza di una barra di diametro 8 mm
0,617 kg/m = peso per unità di lunghezza di una barra di diametro 10 mm

Incidenza nolo gru a torre (Doppia Lastra)

$$0{,}15\,\frac{h}{m^2}\Big/_{9\,\frac{h}{g}} = 0.017\,\frac{g}{m^2}$$

Incidenza nolo gru a torre (Tradizionale)

$$0{,}67\,\frac{h}{m^2}\Big/_{9\,\frac{h}{g}} = 0.0074\,\frac{g}{m^2}$$

Incidenza getto calcestruzzo

$${}^{1}/_{18\,\frac{m^3}{h}} = 0.055\,\frac{h}{m^3}$$

Incidenza posa armatura in opera (Doppia Lastra)

$$3{,}95\,\frac{kg}{m^2}\Big/_{80\,\frac{kg}{h}} = 0.05\,\frac{h}{m^2}$$

Incidenza posa armatura in opera (Tradizionale)

$$10{,}12\,\frac{kg}{m^2}\Big/_{80\,\frac{kg}{h}} = 0.13\,\frac{h}{m^2}$$

Tutti questi parametri sono stati utilizzati per il calcolo del costo della parete per unità di superficie verticale secondo le due tecnologie messe a confronto.

Nei prospetti sottostanti sono analizzate le singole voci che da prendere in considerazione nei due casi.

Per quanto riguarda i prezzi di manodopera e lavorazioni si è fatto riferimento al Bollettino dei prezzi informativi delle opere edili della Camera di Commercio di Bergamo - n.1 del 2014.

Il primo prospetto si riferisce alla soluzione di parete realizzata con l'elemento prefabbricato a Doppia Lastra, mentre il secondo prende in esame il caso di parete realizzata con metodo tradizionale con getto di calcestruzzo completamente effettuato in opera.

PARETE A DOPPIA LASTRA PREFABBRICATA CON NUCLEO IN C.A. GETTATO IN OPERA					
Voci di costo	**Descrizione**	**Incidenze**		**€/m²**	**Tot. Ore**
ELEMENTO PARETE Fornitura della Doppia lastra franco cantiere	Fornitura in situ di bilastre BILASTRA Sp. 30 cm (5 + 20+ 5 cm) e interasse 250 cm, compresa armatura di costruzione (tralicci e barre Ø5/20), compreso trasporto fino a 200 km, comprese boccole con viti, compresi distanziatori			36,50	
	Armatura integrativa nelle lastre, in barre ad aderenza migliorata qualità B450C (Ø10/20 verticali per ogni lastra; 3,95 kg/m²)	6,17 kg/m²	1,10 €/kg	6,79	
MONTAGGIO PARETE Movimentazione e sistemazione elemento e predisposizione accessori per il montaggio parete	N.1 operaio qualificato comune	0,15 h/m²	31,50 €/h	4,73	37,5
	Nolo di gru a torre ad azionamento elettrico, in condizioni di piena efficienza, già installata in cantiere	0,017 g/m²	46,40 €/g	0,79	
	Nolo puntelli tira-spingi	0,30 n punt./m²	7,00 €/puntello	2,10	
GETTO CALCESTR. INTERNO Spessore interno parete (30.0 – 10.0 = 20.0 cm)	Fornitura e posa in opera di calcestruzzo Rck 30 MPa durevole per murature di elevazione armate, spessore compreso tra 20 e 29 cm, confezionato con aggregati idonei e con resistenza caratteristica a 28 giorni di maturazione: Rck 30 Mpa, esposizione XC1 - consistenza S4	164,66 €/m³	0,2 m³/m³	32,93	
	Sovrapprezzo pergetti eseguiti con pompa autocarrata	15,90 €/m³	0,2 m³/m²	3,18	
	Produttività oraria getto calcestruzzo (18 m³/h)	0,055 h/m³	50 m³		2,8
ARMATURA (solo acciaio in opera)	Fornitura e posa acciaio pre sagomato in opera (corr. orizz. Ø8/20 per ogni lastra; 3,95 kg/m²)	3,95 kg/m²	1,37 €/kg	5,41	
	Produttività oraria posa acciaio d'armatura (80 kg/h)	0,05 h/m²	250 m²		12,5
Costo per 1,0 m² di parete a Doppia Lastra completata in opera				**92,42**	€/m²
Totale ore per realizzazione parete a Doppia Lastra completata in opera				**52,75**	h
Totale giorni impiegati con 1 squadra di 3 uomini per 9 ore al giorno				**1,95**	gg

PARETE TRADIZIONALE CASSERATA E COMPLETAMENTE GETTATA IN OPERA					
Voci di costo	**Descrizione**	**Incidenze**		**€/m²**	**Tot. Ore**
CASSERATURE PARETE Incidenza e costi manodopera al m² di parete	Casseforme per getti di calcestruzzo, escluso smussi, compreso distanziatori, giunti, fori di passaggio, disarmo, per murature rettilinee di calcestruzzo in elevazione a due paramenti con altezza fino a 3,50 m	1,00 m²/m²	31,71 €/m²	31,71	
	N.1 operaio qualificato comune (casseratura)	0,067 h/m²	31,50 €/h	2,10	33,3
	N.1 operaio qualificato comune (scasseratura)	0,067 h/m²	31,50 €/h	2,10	33,3
	Nolo di gru a torre ad azionamento elettrico, in condizioni di piena efficienza, già installata in cantiere	0,0074 g/m²	46,40 €/g	0,34	
GETTO CALCESTR. Spessore interno parete (20.0 cm)	Fornitura e posa in opera di calcestruzzo durevole per murature di elevazione armate, di spessore non inferiore a 30 cm, gettato con l'audilio di casseri, confezionato con aggregati idonei e con resistenza meccanica cubica a 28 gg di maturazione Rck 30 MPa - esposizione XC1 consistenza S4	164,66 €/m³	0,3 m³/m²	49,40	
	Sovrapprezzo pergetti eseguiti con pompa autocarrata	15,90 €/m³	0,3 m³/m²	4,77	
	Produttività oraria getto calcestruzzo (18 m³/h)	0,055 h/m³	75 m³		4,1
ARMATURA (Tutta posata in opera)	Fornitura e posa acciaio presagomato in opera (doppia maglia ϕ10/20 vert. e ϕ8/20 orizz.)	10,12 kg/m²	1,37 €/kg	13,86	
	Produttività oraria posa acciaio d'armatura (80 kg/h)	0,13 h/m²	250 m²		31,6
Costo per 1,0 m² di parete completata in opera				**104,29**	€/m²
Totale ore per realizzazione parete completata in opera				**102,42**	h
Totale giorni impiegati con 1 squadra di 3 uomini per 9 ore al giorno				**3,79**	gg

5.6. Analisi della comparazione tra una parete semi-industrializzata realizzata con Doppia Lastra ed una parete tradizionale realizzata interamente in opera e i vantaggi derivanti dal suo impiego

Nel prospetto che segue si rimostrano in estrema sintesi i risparmi, in termini economici e di tempistica, raggiungibili ricorrendo all'impiego del sistema a Doppia lastra rispetto al sistema tradizionale. Il confronto viene svolto ipotizzando di servirsi in entrambi i casi di una squadra di tre operai qualificati e facendo riferimento ad una giornata lavorativa di nove ore.

Tabella di confronto		
Tecnologia	Costo totale	Tempistica
	€	g
Doppia Lastra	23.106	1,95
Tradizionale	26.071	3,79

Nota: i manufatti Doppia Lastra vengono prodotti con una finitura ad hoc per poter essere posati in opera senza necessità di ulteriori trattamenti di finitura superficiale (per es. intonacatura); ciò si può tradurre in eventuali, ulteriori risparmi in termini temporali ed economici.

I vantaggi per il Committente, derivanti dall'adozione del sistema a Doppia Lastra, possono essere riassunti in:

- sicurezza di acquistare ed ottenere un prodotto di qualità elevata e garantita;
- assoluta concordanza tra preventivo e consuntivo senza oneri aggiuntivi e/o imprevisti;
- diminuzione dei costi di costruzione;
- rispetto dei termini di consegna e montaggio.

La realizzazione di una parete in c.a. al grezzo, mediante ricorso alla Doppia Lastra, richiede circa il 50% in meno del tempo necessario nel caso di utilizzo del sistema tradizionale.

I vantaggi per il progettista sono ancor più numerosi e riassumibili in:

- un larghissimo ventaglio di progetti sono realizzabili con pareti prefabbricate;
- l'eventuale conversione di un progetto tradizionale al sistema costruttivo con il sistema a Doppia Lastra è a carico del produttore della Doppia Lastra;
- precisa analisi dei costi mediante preventivi mirati e vincolanti da parte del fornitore;
- realizzazione di ogni elemento secondo le specifiche esigenze di progetto;
- tolleranze e precisione di realizzazione assolutamente irraggiungibili in opera;
- caratteristiche dei materiali certe e controllate all'origine;
- calcestruzzi di caratteristiche superiori e più durabili;
- omogeneità, compattezza ed impermeabilità dei getti;
- alta flessibilità di misure e formati (nessun problema per scassi e fonometrie).

Si riassumono, infine, i vantaggi per l'impresa:

- sensibile riduzione dei costi di investimento;
- ridotta incidenza della forza lavoro in termini qualitativi e quantitativi;
- possibilità di costruire con ogni condizione meteorologica ed in tutte le stagioni.

6. PRESTAZIONI DEI MURI REALIZZATI CON LA DOPPIA LASTRA

6.1. Generalità

Nel presente capitolo vengono trattati alcuni degli aspetti più significativi che riguardano il muro finito nella sua globalità ed in normali condizioni di esercizio. Tali aspetti progettuali esulano dalle competenze del produttore della Doppia Lastra e rimangono di completa pertinenza del Progettista Generale dell'opera, il quale deve individuare e definire le prestazioni minime che il muro dovrà assicurare in esercizio sin dalle fasi iniziali di progetto dell'intera opera. Le prestazioni devono essere correttamente definite e trasmesse/comunicate chiaramente agli operatori che interverranno successivamente nella fase di sviluppo e realizzazione dell'opera.

Per quanto tali aspetti non riguardino il manufatto prefabbricato in sé – che da solo non è assolutamente in grado di rispondere a specifiche esigenze trattandosi di un semilavorato avente funzionalità a carattere transitorio durante le fasi di installazione e di messa in opera - è comunque utile passare brevemente in rassegna tali aspetti che assumono comunque una notevole rilevanza.

Qualsiasi struttura deve essere progettata, realizzata ed utilizzata in modo tale da poter garantire, in condizioni di esercizio e nelle condizioni ambientali attese, un livello accettabile di in termini di requisiti di utilità e sicurezza per un periodo di tempo, esplicito od implicito, definito in normativa senza richiedere costi elevati non previsti per la manutenzione e/o la riparazione.

Le misure necessarie per assicurare la vita utile devono essere adeguatamente scelte in funzione delle condizioni di esercizio, delle caratteristiche ambientali e dell'importanza della struttura. Per ridurre l'insorgere di problemi legati alla durabilità è necessario coordinare gli sforzi di tutti gli operatori coinvolti, a vario titolo, nel processo edilizio, controllando tutte le diverse fasi di vita della struttura: progettazione, realizzazione, uso, gestione e manutenzione della stessa.

Nei casi di ambienti particolarmente aggressivi possono essere previste specifiche misure di protezione. Il progetto deve assicurare, ove possibile, un adeguato accesso a tutte le parti della struttura, al fine di consentire l'attività di ispezione e sorveglianza e permetterne la manutenzione. Sistematiche e regolari ispezioni delle strutture, ove necessario e ritenuto rilevante, devono essere effettuate lungo tutto il periodo della vita di servizio attesa.

6.2. Durabilità

L'esperienza ha evidenziato che il calcestruzzo è un materiale durevole a condizione che, nelle diverse fasi di produzione:

- la progettazione abbia preso in considerazione, otre alla resistenza meccanica, anche la classe di esposizione ambientale in cui l'opera è collocata;
- la produzione del calcestruzzo sia stata sottoposta ad adeguati controlli di qualità;
- l'esecuzione dell'opera venga effettuata in conformità a precise regole tecnologiche quali, ad esempio, il rispetto dei copriferri, la compattazione del calcestruzzo ed una corretta stagionatura.

Grazie a processi altamente industrializzati ed agli elevati livelli di controllo in fase di produzione, il calcestruzzo delle due lastre esterne presenta sempre elevate caratteristiche di resistenza e di durabilità.

L'attenta e meticolosa qualifica delle ricette, il getto su casseri metallici a superficie levigata, la vibro-compattazione ottenibile sulle piste di produzione in stabilimento e la maturazione in condizioni igrotermiche controllate, assicurano calcestruzzi compatti, omogenei e durevoli, che non è assolutamente possibile ottenere in cantiere.

Per assicurare la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato esposte alle azioni dell'ambiente circostante si devono adottare tutti quei provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico, dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine il Progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione, deve definire le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, il valore del copriferro e le regole di messa in opera e di maturazione.

Per l'individuazione della Classe di resistenza e per assicurare la prestazione richiesta, il Progettista potrà fare riferimento alle norme UNI EN 206-1 ed in particolare, per il nostro Paese, alla norma UNI 11104, oltre che consultare le indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale.

La vita utile di progetto, intesa come «*il periodo nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è stata destinata*», viene esplicitamente richiamata e definita nelle Norme Tecniche per le Costruzioni. La tabella seguente è tratta dalle NTC 2008.

Tipologia della Struttura	Vita nominale di progetto [anni]
Strutture provvisorie o in costruzione	10
Strutture di opere ordinarie	50
Strutture di grandi opere	100

Prospetto 6.1 - Vita nominale secondo NTC per tipologia di costruzione.

Per strutture ordinarie la durabilità necessaria può essere assicurata rispettando le prescrizioni fissate dalle norme UNI 11104 ed UNI EN 206-1. Per le strutture più significative, ove sia richiesta una durabilità maggiore, la questione è più articolata e complessa, in quanto si deve far ricorso ad appositi modelli teorici che siano stati riconosciuti, e, in alcuni casi, avviare una serie di prove di laboratorio che consentano di definire e validare i modelli teorici più idonei.

6.3. Fattori che influenzano la durabilità del calcestruzzo

I principali fattori che influenzano la durabilità del calcestruzzo sono:

- il rapporto a/c;
- la lavorabilità;
- la stagionatura.

La durabilità del calcestruzzo è strettamente connessa con la sua permeabilità. Quanto più un calcestruzzo è impermeabile all'acqua ed ai gas, tanto maggiore è la sua durabilità.

Le dimensioni dei pori capillari ed il loro volume all'interno della pasta cementizia dipendono dalla quantità di acqua all'interno del calcestruzzo e dalla frazione di cemento che ha reagito con l'acqua.

La pasta cementizia indurita risulta tanto più compatta e poco porosa quanto più è basso il contenuto d'acqua e quanto più alta è la percentuale di cemento che ha reagito. Per ottenere un calcestruzzo durevole occorre pertanto aggiungere una corretta quantità di acqua, prevedere un adeguato dosaggio di cemento e assicurare un'idonea stagionatura.

La lavorabilità è la proprietà del calcestruzzo fresco che indica la capacità di essere messo in opera e che condiziona significativamente anche le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Per migliorare la durabilità ed aumentare la resistenza occorre ridurre l'acqua, ma questa riduzione può comportare impasti poco lavorabili e difficilmente compattabili.

Un calcestruzzo poco lavorabile, quando indurito, presenta macroporosità diffuse per difetto di compattazione; queste macroporosità fanno sì che la permeabilità risulti così elevata che, al confronto, quella dovuta ai pori capillari risulta trascurabile.

Per ottenere lavorabilità elevate, pur con basse quantità di acqua, si possono efficacemente utilizzare specifici additivi fluidificanti o superfluidificanti. La riduzione della porosità si ottiene sia con la riduzione dell'acqua nell'impasto sia con l'aumento del grado di idratazione. Per aumentare il grado di idratazione è necessario che il calcestruzzo durante l'indurimento rimanga umido il più a lungo possibile.

Grazie al processo tecnologico industrializzato ed i controlli effettuati durante la produzione delle Doppie Lastre, le pareti in c.a. realizzate con le Doppie Lastre sono in grado di assicurare alte prestazioni ed un'elevata durabilità che non sono generalmente raggiungibili con analoghe strutture eseguite completamente in opera.

I calcestruzzi che vengono normalmente impiegati per i getti di completamento delle Doppie Lastre in opera sono calcestruzzi preconfezionati, qualificati all'origine e prodotti presso impianti altamente automatizzati, in grado di assicurare le migliori caratteristiche del calcestruzzo fresco.

Durante la fase di getto deve essere effettuata un'adeguata compattazione a mezzo di aghi vibranti, mentre per la fase di *curing* ottime condizioni sono assicurate dal fatto che la maturazione avvenga all'interno delle due lastre prefabbricate, le quali si comportano da casseri impermeabili proteggendo il getto al loro interno.

Considerando inoltre tutti i controlli che avvengono durante il processo di produzione, si comprende come il calcestruzzo delle due lastre sia normalmente in grado di garantire i requisiti di durabilità ed impermeabilità agli agenti aggressivi esterni, limitando eventuali possibili danni che potrebbero interessare la struttura. Il calcestruzzo gettato in opera, naturalmente più difficile da controllare durante le fasi di costruzione, risulta così meno esposto agli agenti aggressivi, in quanto protetto dalle due lastre esterne a bassa permeabilità.

E' basilare l'attenzione posta alla definizione della Classe di esposizione del calcestruzzo, secondo quanto definito nella UNI EN 206-1. All'interno di questa norma vengono definiti i requisiti che deve possedere il calcestruzzo per resistere a specifiche condizioni ambientali.
I requisiti per ciascuna classe di esposizione devono essere specificati in termini di:

- tipi e classi di materiali componenti;
- massimo rapporto acqua/cemento;
- dosaggio minimo di cemento;
- minima classe di resistenza a compressione del calcestruzzo (facoltativo);

Se il calcestruzzo è conforme ai valori prescritti, si deve presumere che soddisfi i requisiti di durabilità per l'uso previsto nelle specifiche condizioni ambientali, a condizione che:

- il calcestruzzo sia correttamente gettato, compattato e stagionato per esempio in accordo con la ENV 13670-1, oppure con altre norme pertinenti;
- il calcestruzzo rispetti il copriferro minimo richiesto per le specifiche condizioni ambientali, in accordo con la norma di progetto pertinente (per esempio le NTC ovvero la EN 1992-1);
- sia attuata la manutenzione preventivata.

Si ricorda infine che, secondo la UNI EN 206-1, le classi di esposizione - riferite alle azioni dell'ambiente - sono suddivise come segue:

- assenza di rischio di corrosione o attacco (X0);
- corrosione indotta da carbonatazione (XC1-XC4);
- corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare (XD1-XD3);
- corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare (XS1-XS3);
- attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti (XF1-XF4);
- attacco chimico (XA1-XA3).

7. COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI MURI A DOPPIA LASTRA

7.1. Generalità

Per quanto riguarda le prestazioni antincendio dei muri realizzati con Doppie Lastre occorre osservare che essi presentano il medesimo comportamento al fuoco tipico degli analoghi muri realizzati con l'usuale metodo tradizionale del getto interamente realizzato in opera. Le Doppie Lastre possono essere utilizzate per realizzare sia muri destinati a funzione di semplici elementi separatori (non portanti), sia muri strutturali portanti, potendo in entrambi i casi garantire le caratteristiche e le prestazioni richieste.

Come è noto, il calcestruzzo e le strutture realizzate con tale materiale forniscono prestazioni all'incendio molto elevate e largamente comprovate. Poiché, relativamente a tale aspetto, non sussistono specificità per i muri realizzati con le Doppie Lastre è corretto affermare che questi ultimi forniscono un ottimo comportamento al fuoco e che le prestazioni sono facilmente predicibili e certificabili.

L'unica differenza apprezzabile è data dal calcestruzzo con il quale sono realizzate le due lastre prefabbricate. Infatti esse sono di qualità superiore rispetto a quelle del calcestruzzo in opera poiché garantite da processi di produzione che si avvalgono di sistemi industriali altamente automatizzati in grado di assicurare ottime prestazioni anche in relazione alla resistenza al fuoco.

7.2. Quadro normativo

La normativa antincendio nazionale è stata profondamente innovata nel 2007 con l'approvazione di una serie di nuovi Decreti emanati dal Ministero dell'Interno.

Il quadro normativo risulta attualmente definito con la pubblicazione nazionale dei DAN (o NAD, "*National Application Documents*"), grazie alla quale è stato di fatto avallato l'utilizzo del nuovo quadro normativo europeo.

L'attuale quadro normativo di riferimento - e di maggior interesse per quanto riguarda la resistenza strutturale all'incendio - è riportato di seguito, completato con alcuni utili commenti.

- NTC 2008 – *"Norme tecniche per le costruzioni"*, Cap. 3.6 Azioni Eccezionali e Cap. 4.1.13 Resistenza al Fuoco
- DM 31/7/2012, pubblicato su GU n. 73 del 27/3/2013 (appendici nazionali degli Eurocodici);

La certificazione della resistenza al fuoco è da effettuarsi sul mod. PIN 2.2 - 2012 CERT.REI.

Risulta essere in fase di emanazione (prima dell'estate 2015) un DM dal titolo "*Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi ai sensi dell'art 15 del DLgs 8/3/2006, n. 139"*, il quale andrà a costituire una NORMA TECNICA ORIZZONTALE da applicare a tutte le attività prive di NORMA TECNICA VERTICALE ed alternativo delle seguenti norme specifiche/verticali:

a) reazione al fuoco (DM 15/5/2005);
b) prestazioni di resistenza al fuoco (DM 9/3/2007);
c) classificazione di resistenza al fuoco (DM 16/2/2007);
d) impianti di protezione attiva (DM 20/12/2012);
e) vani ascensori (DM 15/9/2005);
f) scuole (DM 26/8/1992).

Nelle norme seguenti di prodotto, per la parte relativa al fuoco si rimanda direttamente alle norme sopra citate.

Con l'entrata in vigore dei tali decreti sono stati espressamente abrogati i seguenti obsoleti riferimenti:

- la Circolare del Min. Int. n° 91 del 14.09.1961;
- il decreto del Ministro dell'Interno 6 marzo 1986;
- il Bollettino CNR n° 192 del 28.12.1983;
- parzialmente anche la UNI 9502:2001.

Una nota a parte deve essere fatta relativamente alla norma UNI 9502 che per molti anni è stata l'unico riferimento nazionale per valutare e certificare le prestazioni REI dei manufatti prefabbricati in calcestruzzo. In data 01.04.2010 tale norma è stata ritirata dall'UNI, in forza degli accordi esistenti con il CEN e sostituita dalla norma UNI EN 1992-1-2:2005.

Nota: le norme antincendio applicabili ad una specifica attività soggetta al controllo dei VV.F. sono quelle in vigore alla data di presentazione del relativo progetto ai VV.F. stessi. Pertanto per le certificazioni di elementi portanti/separanti relative a progetti presentati antecedentemente alle data di approvazione degli appendici nazionali possono essere utilizzate le norme attualmente abrogate (ad esempio Circolare n. 91, UNI 9502, etc) ma valide all'epoca della presentazione ai VV.F. della documentazione per il "parere preventivo/valutazione del progetto".

7.3. Definizioni preliminari

7.3.1. La Resistenza al fuoco

La normativa italiana, come del resto quella europea, definisce la resistenza al fuoco come l'attitudine di un elemento da costruzione a conservare, secondo un programma termico convenzionale prestabilito e per un tempo determinato, in tutto o in parte, la stabilità o capacità portante **R**, la tenuta o integrità **E**, l'isolamento termico **I**.

La più recente definizione nazionale di Resistenza al Fuoco è quella fornita nell'Allegato al DM 09.03.2007, il quale la definisce come *«una delle fondamentali strategie di protezione per garantire un adeguato livello di sicurezza della costruzione in condizioni di incendio. Essa riguarda la capacità portante in caso di incendio, per un struttura, per una parte della struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione rispetto all'incendio per gli elementi di separazione sia strutturali, come i muri ed i solai, sia non strutturali, come porte e tramezzi.»*

Gli usuali criteri **R**, **E**, **I** che vengono utilizzati sono così definiti:

Stabilità o capacità portante (**R**)
Caratteristica dell'elemento da costruzione di resistere all'esposizione al fuoco, su una o più facce, per un periodo di tempo senza alcuna perdita di stabilità;

Tenuta o integrità o capacità di compartimentazione (**E**)
Capacità dell'elemento da costruzione con funzione di separazione di resistere all'esposizione al fuoco unicamente su un lato, senza trasmissione del fuoco al lato non a contatto con esso.

La trasmissione del fuoco, qualora si verificasse, causerebbe il passaggio d'importanti quantità di fiamme o di gas caldi dal lato del fuoco a quello non a contatto con il fuoco, con conseguente accensione della superficie esposta non a contatto con il fuoco o di qualsiasi altro materiale adiacente a detta superficie.

Isolamento termico (**I**)
Capacità dell'elemento da costruzione di resistere all'esposizione al fuoco su un unico lato, senza trasmissione del fuoco sul lato non a contatto con esso; trasmissione che si avrebbe dalla conduzione considerevole di calore dal lato del fuoco a quello non a contatto con il fuoco, con conseguente accensione della superficie esposta non a contatto con il fuoco o di qualunque materiale a contatto con detta superficie. Capacità di fornire una barriera al calore, sufficiente a proteggere le persone vicine all'elemento da costruzione, per il periodo indicato.

Pertanto:

- con il simbolo **R** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare la stabilità (per elementi senza funzione di compartimentazione o componenti singoli monodimensionali quali ad esempio travi e pilastri);
- con il simbolo **RE** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare sia la stabilità sia la tenuta (per elementi bidimensionali di compartimentazione e/o partizione interna, quali ad esempio muri o solai);
- con il simbolo **REI** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico.

Il simbolo deve essere seguito da un numero che esprime il tempo minimo (espresso in minuti primi) di prestazione, definito dal Progettista Generale in funzione delle specifiche esigenze. Il Progettista Generale deve esplicitare quale metodo ha adottato in fase di progettazione per assicurare le prestazioni necessarie.

Nel progetto deve essere chiaramente indicato se è stato adottato il metodo tabellare od il metodo analitico in quanto il produttore del manufatto deve esserne portato a conoscenza incidendo, il metodo, significativamente sulle modalità di realizzazione della Doppia Lastra.

E' di particolare importanza che tale informazione venga espressamente specificata all'interno dell'ordine di acquisto.

7.3.2. La Reazione al fuoco

Altro importante parametro è la classe di reazione al fuoco, che rappresenta il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco a cui è sottoposto. La reazione al fuoco è regolamentata dal DM 10.03.2005 successivamente modificato dal DM 25.10.2007. Tali decreti recepiscono il sistema di classificazione europea che prevede le seguenti classi:

Euroclassi	
A	Materiali non combustibili con nessun contributo all'incendio
B	Contributo all'incendio molto limitato
C	Contributo all'incendio limitato
D	Contributo al fuoco accettabile
E	Reazione al fuoco accettabile
F	Materiale non classificato perché non testato

Prospetto 7.1 - Classi di reazione al fuoco.

I calcestruzzi con cui sono realizzate sia le Doppie Lastre sia il calcestruzzo di completamento - siano essi di densità normale o leggeri - sono definiti incombustibili.

In particolare, per i manufatti prefabbricati in calcestruzzo realizzati senza componenti organici all'interno, è possibile dichiarare la Classe di Reazione al fuoco A.1, secondo quanto stabilito con Decisioni della Commissione Europea 96/603/EEC e 2000/605/EEC.

Qualora il muro finito contenga al suo interno un materiale isolante (non direttamente esposto alla fiamma), indipendentemente dalla sua percentuale in peso o in volume, la Reazione al Fuoco del muro finito rimane sempre in Classe A.1 senza alcuna necessità di prove.

7.3.3. Emissione di fumi e gas pericolosi

Un ultimo, ma non meno importante, aspetto consiste nell'emissione di fumi e gas pericolosi, che possono costituire un reale ostacolo sia all'esodo che alle operazioni di soccorso. Anche da questo punto di vista i muri in calcestruzzo realizzati con le Doppie Lastre hanno un ottimo comportamento in quanto non rilasciano sostanze pericolose.

Il calcestruzzo offre, in genere, buone garanzie in caso d'incendio: molto dipende, tuttavia, dalla sua composizione – tipo e granulometria degli inerti, dosaggio di cemento, rapporto a/c, presenza di aggiunte e/o additivi –, dal grado di compattazione e dalla maturazione.

Generalmente le caratteristiche dei calcestruzzi delle lastre prefabbricate sono di ottima qualità, garantite da processi di produzione che si avvalgono di sistemi industriali altamente automatizzati e assicurano un livello qualitativo non raggiungibile con i calcestruzzi gettati in opera.

7.3.4. Il fenomeno dello spalling

A differenza di altre strutture a *pareti sottili*, nei muri portanti e/o separanti realizzati con Doppie Lastre non è significativo il rischio di *spalling*.

E' noto che, qualora le zone compresse di un elemento strutturale siano esposte direttamente al fuoco, sussiste il pericolo di distacco di scaglie della crosta più esterna del calcestruzzo. Tale fenomeno è causato dall'evaporazione dell'acqua, dalla diffusione del vapore all'interno dei pori capillari, dalla tipologie di aggregati e dagli elevati gradienti termici presenti.

Al fine di prevenire od escludere il rischio di *spalling,* con i calcestruzzi di densità normale è sufficiente rispettare semplici indicazioni che correlano lo spessore dell'elemento allo stato tensionale nello stato di esercizio.

Per calcestruzzi di classe inferiore a C60/75, il diagramma riportato nella figura 11.1. risulta essere un utile riferimento.

Poiché, nel caso di muri portanti, lo spessore da considerare è quello del muro finito e tenuto conto delle ordinarie tensioni di compressione a cui sono normalmente sottoposti i muri, si può constatare che ci si colloca nella zona tratteggiata del diagramma, cioè al di fuori della zona a rischio di *spalling*.

Assicurare uno spessore di copriferro adeguato diminuirà ulteriormente la possibilità dell'avverarsi di tale fenomeno.

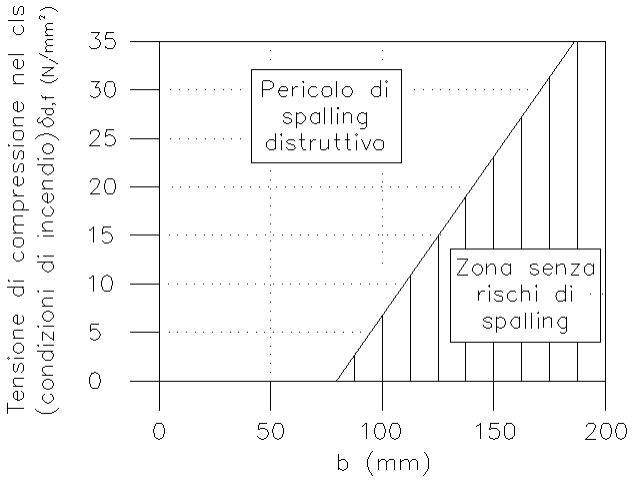


Fig. 7.1 - Zona di pericolo per *spalling esplosivo* per calcestruzzo realizzato con aggregati di nomale densità in funzione della tensione effettiva $\sigma_{d,f}$ e della larghezza dell'elemento. (Fonte Bollettino d'Informazione CEB 208/91)

7.4. Requisiti strutturali e capacità portante

Generalmente le strutture devono essere progettate, realizzate e manutenute in modo tale da soddisfare le funzioni e le prestazioni richieste sia durante il normale utilizzo sia in caso di incendio.

In quest'ultimo caso ci possono essere differenze nei requisiti per edifici che devono essere evacuati in un tempo stabiliti ed edifici in cui le persone devono rimanere in aree protette o nel caso sia previsto il riutilizzo dell'edificio dopo l'evento.

La capacità portante della struttura deve sostenete adeguatamente tutte le azioni - inclusi gli effetti delle alte temperature, i carichi e le deformazioni imposte - per un ben determinato tempo di esposizione all'incendio. Per alcuni casi specifici questo può essere anche superiore al tempo atteso di durata dell'incendio mentre in altri può essere limitato ad una sua frazione determinata, per esempio, in base al tempo di evacuazione previsto ed assicurato.

Il progettare per una determinata resistenza all'incendio assicura che la struttura non debba collassare durante il periodo di esposizione al fuoco: la struttura può essere danneggiata estesamente e richiedere la demolizione e la successiva ricostruzione dopo l'evento.

In certi casi tuttavia può essere considerato e previsto il riuso dell'edificio. Ciò prevede chiaramente un differente approccio oltre che per la definizione di specifici stati limite anche per i criteri di valutazione del riutilizzo.

7.4.1. Le prestazioni di resistenza al fuoco

Le prestazioni di resistenza al fuoco per prodotti ed elementi costruttivi possono essere determinate ed espresse in base ai risultati di:

- prove al fuoco secondo modalità normalizzate;
- calcoli analitici;
- verifiche e confronti con tabelle.

7.4.2. Verifica del criterio della capacità portante R mediante prove al fuoco

Attualmente si fa sempre meno ricorso alle prove al fuoco per la certificazione degli elementi strutturali.

Tale considerazione è valida in linea generale ma diviene praticamente la regola assoluta, per quanto riguarda i muri in c.a., per vari motivi: innanzitutto per i lunghi tempi necessari per effettuare le prove e per l'estrema onerosità delle prove stesse e in secondo luogo per la limitata rappresentatività di una prova condotta su un elemento per le cui condizioni al contorno in opera si possono verificare importanti variazioni, tali da rendere inutilizzabile il certificato.

Il metodo sperimentale implica il rilievo della temperatura nei punti interni dell'elemento, a diverse distanze dalle superfici esposte, almeno in corrispondenza delle armature previste e della zona compressa per la verifica della capacità portante e in corrispondenza della superficie non esposta al fuoco per la verifica del criterio dell'isolamento. Tale approccio può essere particolarmente utile per situazioni strutturali complesse e realizzate con fori e/o isolanti incorporati.

In ogni caso le nuove modalità di prova europee hanno sostituito le vecchie modalità nazionali e per quanto riguarda le prove sui muri si deve applicare la UNI EN 1365-1:2002. In ogni caso, i dati sperimentali dovranno comunque trovare analogie e giustificazioni con il metodo analitico.

7.4.3. Verifica del criterio della capacità portante R mediante valutazione analitica

Il metodo analitico consente la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi tenendo in debita considerazione le effettive caratteristiche geometriche, fisiche e meccaniche dell'elemento e le reali condizioni di posa, qualora queste ultime comportino significative modifiche alle modalità di scambio termico con l'ambiente. Il presupposto per il calcolo della resistenza al fuoco è la determinazione della distribuzione delle temperature all'interno dell'elemento per il tempo di esposizione richiesto.

Nota la distribuzione delle temperature si procede alla verifica della capacità portante allo stato limite ultimo dell'elemento per il tempo di esposizione richiesto e con le azioni ed il degrado dei materiali al tempo di progetto. L'elemento deve essere verificato nelle sue sezioni più significative.

In genere le verifiche vengono eseguite nelle sezioni in cui è stata eseguita la verifica a temperatura ordinaria. Le modalità per la classificazione in base a risultati di calcoli delle strutture in c.a. sono riportate nell'Allegato C del DM 16.02.2007 ove sono richiamati ed ammessi i seguenti approcci:

- i metodi contenuti nell'Eurocodice 2 (EN 1992-1-2);
- i metodi contenuti nella ritirata norma UNI 9502:2001.

Allo stato attuale, per progetti presentati dopo l'abrogazione della Norma UNI 9502 è possibile utilizzare solamente il primo metodo, contenuto nell'EC2.

7.4.4. Modalità di classificazione della capacità portante R in base a confronti con tabelle

Le tabelle propongono delle condizioni minime sufficienti per la classificazione degli elementi costruttivi resistenti al fuoco in via semplificata. Le prescrizioni non costituiscono un obbligo in quanto il progettista può determinare le prestazioni di resistenza al fuoco, per esempio, con ricorso al metodo analitico. I valori generalmente riportati nelle tabelle sono il risultato di numerose campagne sperimentali ed elaborazioni numeriche: detti valori, pur essendo cautelativi, non consentono estrapolazioni o interpolazioni ovvero non sono consentite modifiche alle condizioni di utilizzo previste.

Facendo riscorso al metodo tabellare si può fare riferimento alle seguenti tabelle delle normative nazionali e europee:

- Allegato D.6.3 del DM 16.02.2007

Classe	Esposizione su un lato	Esposizione su due lati
30	s=120 / a=10	S=120 / a=10
60	s=130 / a=10	S=140 / a=10
90	s=140 / a=25	S=170 / a=25
120	s=160 / a=35	S=220 / a=35
180	s=210 / a=50	S=270 / a=55
240	s=270 / a=60	S=350 / a=60

Prospetto 7.2 - Tabella riportata al punto 6.3 dell'allegato D del DM 16.02.2007

Ove: s = spessore minimo della parete;
a = distanza minima dall'asse delle armature alla superficie

Nota: i valori di s ed a nella tabella precedente sono valori minimi il cui rispetto garantisce il requisito REI per le classi indicate di pareti portanti esposte su uno o due lati.

- Prospetto 5.4 della parte dell'EC2 dedicata alla progettazione di strutture all'incendio (EN1992-1-2)

Resistenza standard al fuoco	Dimensioni minime [mm] Spessore muro portante/distanza dall'asse delle armature alla superficie			
	μ_{fi}=0,35		μ_{fi}=0,70	
	Pareti esposte al fuoco su un lato	Pareti esposte al fuoco su due lati	Pareti esposte al fuoco su un lato	Pareti esposte al fuoco su due lati
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/385	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 2400	230/55	250/55	270/60	350/60
* Normalmente è il copriferro imposto nella norma EN 1992-1-1 a governare Per la definizione del coefficiente μ_{fi} si rimanda al cap. 5.3.2 della norma EN 1992-1-1				

Prospetto 7.3 - Tabella 5.4 EC2 (EN 1992-1-2),

Ove: $\mu_{fi} = N_{Ed,fi}/N_{Rd}$ (definito al punto 5.3.2 della norma EN 1992-1-2)

con: N_{Ed} = carico assiale in caso d'incendio
N_{Rd} = resistenza di progetto in condizioni normali di temperatura

L'uso delle tabelle è strettamente limitato alla classificazione di elementi costruttivi per i quali è richiesta la resistenza al fuoco nei confronti della curva temperatura-tempo standard e delle rispettive azioni previste in caso di incendio. Qualsiasi altra condizione non consente il ricorso alle tabelle.

7.4.5. Verifica del criterio di tenuta ed isolamento EI

Per gli elementi che devono assolvere funzioni di compartimentazione la verifica del criterio di isolamento si può condurre sia mediante prove sia per via analitica attraverso il calcolo della distribuzione delle temperature.

La verifica del criterio di isolamento termico **I** può ritenersi soddisfatta sia con il metodo tabellare rispettando quanto riportato in tabella D.6.3 del DM 16.02.2007 o Prospetti 5.3 e 5.4 dell'EC2 a seconda che si tratti di pareti portanti o meno, sia per via analitica, secondo quanto riportato al punto 2.1.2 dell'EC2 quando sulla superficie non esposta al fuoco sono rispettate, per il tempo di esposizione richiesto, entrambe le seguenti condizioni:

- la massima temperatura non superi di 180 °C il valore della temperatura a tempo zero;
- la temperatura media non superi di 140 °C il valore della temperatura a tempo zero.

Per quanto riguarda la verifica del criterio di tenuta **E**, essa non è conducibile per via analitica ed il DM non prescrive nulla in relazione ai muri.

L'unico riferimento utile è quello riportato al punto D.5.2 del DM 16.02.2007; in alternativa, si può fare riferimento al prospetto 5.8 dell'EC2, il quale definisce i criteri di tenuta di solai e solette piene. Poiché l'incendio verso l'alto (riguardante i solai) è più gravoso rispetto alla situazione che riguarda le pareti si ritiene accettabile tale assunzione per similitudine.

Ciò può essere ritenuto valido anche nel caso di un muro portante che contenga al suo interno uno strato di materiale isolante. Qualora il muro sia, al contrario, pieno e monolitico è sufficiente applicare la tabella D.6.3 contenuta nell'allegato D del DM 16 febbraio 2007.

Nel caso di pareti di elementi che inglobino materiali i quali, sottoposti ad alte temperature si trasformino in gas, occorre predisporre opportuni sfoghi - in direzione della faccia esposta al fuoco - per evitare che la tenuta venga compromessa da esplosioni.

7.4.6. Le novità contenute nelle NTC

Anche le NTC del 2008 hanno introdotto una novità in questo ambito inserendo esplicitamente le azioni da applicare in caso di incendio all'interno del capitolo inerente alle azioni eccezionali da applicare alle strutture. Per maggiori dettagli su tale aspetto si rimanda al § 3.6.1. e alle indicazioni per il calcestruzzo definite al Cap. 4.1.13 Resistenza al Fuoco.

7.4.7. Gli aspetti essenziali dei nuovi DM dei VV.F. del 2007

I Decreti più importanti per gli aspetti in esame sono il DM 9 marzo 2007 ed il DM 16 febbraio 2007 in quanto il DM 9 maggio 2007 non impatta direttamente sulle problematiche in discussione.

Per quanto riguarda il Decreto 9 marzo 2007, esso innova significativamente i criteri per la determinazione del *Carico di incendio specifico di progetto* ed introduce i Livelli di prestazione da richiedere ad una costruzione, in funzione degli obiettivi di sicurezza che sono stati ripresi anche dalle NTC.

Nell'Allegato A del decreto 16 febbraio 2007 sono definite le nuove classi di resistenza al fuoco coerentemente con le decisioni della Commissione Europea 2000/367/CE del 03.05.2000 e 2003/629/CE del 27.08.2004.

Per elementi portanti privi di funzione di compartimento antincendio si applica la Tabella A.1.1.

A.1.1	**Muri, solai, tetto, travi, colonne, balconi, scale, passerelle**									
Norme:	EN 13501-2; EN 1365-1/2/3/4/5/6; EN 1992-1/2; EN 1993-1/3; EN 1994-1/2; EN 1995-1/2; EN 1996-1/2; EN 1999-1/2									
Classificazione										
R	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360

Prospetto 7.4 - Tabella A.1.1 DM 16 febbraio 2007

Per elementi portanti con funzione di compartimento antincendio si applica la Tabella A.2.1.

A.2.1	**Muri**									
Norme:	EN 13501-2; EN 1365-1/2/3/4/5/6; EN 1992-1/2; EN 1993-1/3; EN 1994-1/2; EN 1995-1/2; EN 1996-1/2; EN 1999-1/2									
Classificazione										
R		20	30		60	90	120	180	240	360
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
REI-M			30		60	90	120	180	240	360
REW		20	30		60	90	120	180	240	360

Prospetto 7.5 - Tabella A.1.2 DM 16 febbraio 2007

Per le prestazioni **R**, **E** ed **I** valgono le definizioni fornite precedentemente, mentre per i nuovi simboli richiamati nelle tabelle sopra deve intendersi:

- W: valutazione dell'isolamento tenendo conto dell'irraggiamento termico emesso;
- M: valutazioni di azioni meccaniche specifiche (ad esempio urti di materiale in caduta, dilatazioni e conseguenti autotensioni).

Nella tabella D.6.3 dell'Allegato D del DM 16.02.2007, sono invece riportati i valori minimi in mm dello spessore *s* e della distanza *a* dall'asse delle armature alle superfici esposte al fuoco sufficienti a garantire il requisito REI per le classi indicate di pareti portanti esposte al fuoco su uno o due lati del muro. Tale aspetto verrà ripreso al paragrafo seguente.

7.4.8. La resistenza al fuoco dei muri in calcestruzzo

Come accennato, gli approcci più utilizzati per determinare la resistenza al fuoco dei muri in calcestruzzo sono il metodo analitico ed il metodo tabellare.

Per il metodo di verifica analitico si deve tenere conto delle effettive sollecitazioni e resistenze a caldo per poi effettuare le opportune verifiche.

In talune situazioni potrebbero essere necessarie particolari attenzioni ai fenomeni di instabilità causati dalla riduzione della sezione, la quale può comportare una sostanziale modifica della snellezza della struttura.

La verifica deve essere estesa a tutte le sollecitazioni presenti nelle sezioni più significative. Con l'approccio analitico si ottengono la mappatura termica, le azioni resistenti residue a caldo ed i coefficienti di sicurezza. A spese di un maggior onere computazionale si possono avere alcuni benefici prestazionali rispetto ai metodi tabellari.

Con il ricorso al metodo tabellare, quando ricorrono gli estremi per la sua applicazione, la situazione si semplifica in maniera sostanziale. Individuata la prestazione necessaria per il progetto, attraverso la tabella specifica si individuano lo spessore minimo del muro ed il copriferro minimo da assicurare alle armature di rinforzo.

La scelta delle tabelle riportate nel DM 16.02.2007 o dei Prospetti 5.3 e 5.4 dell'EC2 può essere fatta in fase di progettazione in funzione dei parametri maggiormente convenienti proposti

7.5. Richiami alla Marcatura CE

Il DPR 21.04.1993, n° 246, stabilisce, nell'allegato A, quali siano i requisiti ai quali devono rispondere le opere per soddisfare l'esigenza di sicurezza in caso di incendio. A tal fine l'opera deve essere concepita e realizzata in modo da garantire:

- la stabilità degli elementi portanti per un tempo utile ad assicurare il soccorso degli occupanti;
- la limitata propagazione del fuoco e dei fumi, anche rispetto alle opere vicine;
- la possibilità che gli occupanti lascino l'edificio indenni e che gli stessi siano soccorsi in altro modo;
- la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza.

La sicurezza in caso di incendio, in via generale, è perseguita mettendo in campo diverse strategie, sia di prevenzione che di protezione.

La resistenza strutturale all'incendio costituisce una delle principali strategie di protezione passiva, dato che la stabilità degli elementi portanti, nonché la limitazione della propagazione del fuoco e dei fumi, sono esplicitamente ricomprese tra gli aspetti del *requisito essenziale n° 2*, *sicurezza in caso di incendio*, prevista dalla Marcatura CE.

In generale le strutture presentano una maggiore o minore vulnerabilità all'azione del fuoco, in funzione dei seguenti aspetti:

- schema statico;
- valore della temperatura a cui sono esposte;
- durata dell'esposizione all'incendio;
- variazioni volumetriche degli elementi strutturali e conseguenti tensioni indotte;
- conduttività termica dei materiali;
- umidità contenuta nei materiali costruttivi;
- degradazione meccanica del materiale strutturale.

Relativamente alle prestazioni che il produttore deve riportare sulle etichette dei prodotti marcati CE è opportuno fornire un piccolo chiarimento sulla prestazione al fuoco R degli elementi da parete.

Qualora la marcatura CE venisse apposta utilizzando l'etichetta del Metodo 2, riportata nella norma EN 14992, è previsto che sulla marcatura debba essere dichiarata la prestazione di resistenza al fuoco R del prodotto (laddove questo sia un requisito necessario).

Tale requisito deve ovviamente riferirsi al solo manufatto Doppia Lastra e non alla parete finita, in quanto la Marcatura CE attiene al prodotto marcato che il produttore produce e commercializza e non al prodotto finito in opera.

La Doppia Lastra è ovviamente prodotto che costituisce un semilavorato che di per sé non può assicurare le prestazioni attese per la struttura in esercizio.

E' evidente come in tali termini la questione sia priva di senso pratico. Ciò è purtroppo conseguente ad una erronea interpretazione del GdL CEN che non ha tenuto in debita considerazione alcune specificità del prodotto. Non avendo alcun senso la dichiarazione di una determinata prestazione R per il manufatto prefabbricato se ne deduce che – ove fosse richiesto e necessario dichiarare tale prestazione – si dichiari quella della struttura finita in opera.

Nell'attesa che la questione venga risolta a livello normativo, si evidenzia la necessità di non confondere e/o richiedere prestazioni di resistenza al fuoco R della Doppia Lastra, intesa come semilavorato a se stante, ma della struttura portante finita in opera (come avviene per gli ordinari muri in c.a.). Tale anomalia non sussiste nel caso vengano utilizzati gli altri metodi di etichettatura.

7.6. Il certificato di resistenza al fuoco CERT.REI_2008

Le norme di nuova generazione favoriscono l'abbandono dell'approccio prescrittivo per il passaggio ad un approccio di tipo prestazionale, cosicché il **Progettista Generale** deve effettuare precise scelte e stabilire obiettivi dichiarati che deve poi giustificare.

Allo stato attuale, il Progettista Generale può trovarsi nella condizione di dover sottoporre il progetto antincendio dell'intera opera - nel quale devono essere specificate le prestazioni minime necessarie e le modalità adottate per assicurarle (opere di categoria "C" secondo il DPR 151 del 01.08.2011) - oppure di dover redigere una S.C.I.A (Segnalazione Certificata di Inizio Attività) per opere di categoria A e B secondo il DPR 151 01.08.2011, nella quale si assume la responsabilità delle scelte effettuate.

Il Comando dei Vigili del Fuoco, entro sessanta giorni dal ricevimento dell'istanza di cui al comma 1, effettua controlli, attraverso visite tecniche, volti ad accertare il rispetto delle prescrizioni previste dalla normativa di prevenzione degli incendi, nonché la sussistenza dei requisiti di sicurezza antincendio.

I controlli sono disposti anche con metodo a campione o in base a programmi settoriali, per categorie di attività o nelle situazioni di potenziale pericolo comunque segnalate o rilevate.

È giusto ricordare che entro lo stesso termine, in caso di accertata carenza dei requisiti e dei presupposti per l'esercizio delle attività, previsti dalla normativa di prevenzione incendi, il Comando adotta motivati provvedimenti di divieto di prosecuzione dell'attività e di rimozione degli eventuali effetti dannosi prodotti dalla stessa, ad eccezione che, ove sia possibile, l'interessato provveda a conformare detta attività alla normativa antincendio e ai criteri tecnici di prevenzione incendi entro un termine di quarantacinque giorni.

Il Comando, a richiesta dell'interessato, in caso di esito positivo rilascia copia del verbale della visita tecnica, per l'ottenimento del CPI.

A fine lavori, per le attività di cui all'Allegato I categoria C, il Committente dell'opera attraverso un suo tecnico di fiducia competente in materia, deve presentare la richiesta di rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi (CPI).

Si ritiene necessario fare un po' di chiarezza su tale aspetto e sulla figura del tecnico incaricato in quanto il produttore del manufatto prefabbricato non è preposto a tale adempimento.

Con tali aggiornamenti sono state introdotte significative modifiche in merito alla compilazione della modulistica (Moduli Vers. 2012) ed alla specifica identificazione del tecnico esperto in materia di prevenzione incendi che deve compilare e sottoscrivere i moduli stessi.

Le modifiche introdotte hanno raggiunto lo scopo di ridare finalmente centralità alla figura del Progettista Antincendio e del tecnico esperto di prevenzione incendi, che dovrà assistere ed affiancare il Committente per l'ottenimento del CPI.

I titoli necessari e le responsabilità in carico alle figure previste sono e rimangono quelle di cui alla Legge 818 del 07 Dicembre 1984, come richiamati anche dal DM 04 Maggio 1998.

È stata chiaramente esplicitata la dichiarazione che la certificazione – e di conseguenza il Mod. CERT.REI_2008 – si basa sulle **reali caratteristiche riscontrate in opera**, poiché la certificazione si riferisce all'elemento così come è stato realizzato in opera.

Il Professionista che compila e sottoscrive con il Committente il CERT.REI deve **accertare le reali caratteristiche in opera** ed esplicitare in una sintetica relazione i criteri adottati nella valutazione effettuata.

Il Professionista che compilerà il CERT.REI diventa il collaudatore dell'opera ai fini del rispetto delle norme antincendio.

In ottemperanza alla citata Circolare, a partire dal **24 Aprile 2008** - in coerenza con le nuove disposizioni del Ministro dell'Interno – l'Azienda produttrice del manufatto non rilascia più alcun certificato di resistenza al fuoco dei manufatti commercializzati, non essendo in grado di certificare le reali caratteristiche riscontrate in opera.

A supporto del tecnico incaricato di predisporre il CERT.REI, l'Azienda produrrà unicamente, ed in alternativa, uno ed uno soltanto dei seguenti documenti, che dovranno essere esplicitamente richiesti e pattuiti contrattualmente.

1. Nel caso di verifica della resistenza "analitica" a caldo del solaio – al rustico e senza alcuna finitura – verrà predisposta e fornita la relazione di calcolo (in accordo alla UNI 9502 o all'EC2) a firma di tecnico abilitato ai sensi della Legge 818 del 07 Dicembre 1984.
2. Nel caso di approccio "tabellare" 'Azienda fornirà unicamente una dichiarazione su carta semplice del copriferro adottato in accordo con il DM 16.02.2007 o EC2.

Non potrà più essere rilasciata altra documentazione da parte dell'Azienda, in quanto saranno gli accertamenti effettuati in opera durante la realizzazione a fornire gli elementi indispensabili al tecnico antincendio per il rilascio del Certificato CERT.REI.

Nel caso in cui non venga esplicitato contrattualmente uno degli approcci sopra citati, l'Azienda non produrrà nessun tipo di documento. In tale evenienza il tutto dovrà essere svolto e gestito dal tecnico antincendio incaricato di seguire i lavori e di ottenere il CPI.

Per ulteriori informazioni è possibile consultare il portale www.vigilfuoco.it

7.7. Progettare strutture sicure contro gli incendi

7.7.1. Sviluppo di incendi a seguito di eventi sismici

La possibilità che si possano sviluppare incendi a seguito di un terremoto è una grave minaccia soprattutto in zona sismica. Sono molti gli esempi di gravi e devastanti incendi attivati da un terremoto.

Vi sono tre fattori principali che aggravano il problema di un incendio post-sisma:

1. causa di mobilio e suppellettili rovesciati,
2. rotture degli impianti di adduzione gas, guasti elettrici;
3. danneggiamento di apparecchiature ad alta temperatura.

In aggiunta gli impianti di protezione antincendio attivi e passivi possono risultare danneggiati dal terremoto e la probabilità di un pronto intervento da parte dei vigili del fuoco è inferiore rispetto alle condizioni normali.

Anche i sistemi di estinzione attivi — come i nebulizzatori automatici — sono fonte di particolare preoccupazione in quanto vi è un'elevata probabilità che i nebulizzatori non possano intervenire a causa degli eventuali danni provocati dal terremoto alle condutture interne all'edificio o della messa fuori uso dei rifornimenti idrici cittadini.

Per questi motivi, in zona sismica dovrebbe essere rivolta una maggiore attenzione al contenimento passivo del fuoco ed alla resistenza strutturale alle alte temperature, soprattutto negli edifici alti o grandi, dove potrebbero esistere notevoli pericoli per la vita o per i beni materiali.

7.7.2. Sviluppo di incendi durante la fase di costruzione

La possibilità che un incendio si verifichi durante il processo di costruzione o durante le ristrutturazioni è spesso trascurata, nonostante le numerose perdite dovute a gravi incendi di questo tipo.

Il rischio d'incendio è di solito maggiore durante la costruzione di un edificio che non in esercizio, a causa del maggior numero di fonti di accensione e dell'incompletezza delle misure di protezione antincendio.

Si sono registrati molti casi di accensione dovuti a lavori di taglio o saldatura durante la costruzione, con conseguenti notevoli danni per incendio. In generale durante la costruzione i sistemi antincendio non sono ancora completamente funzionanti e comunque non ancora attivi, in attesa del completamento dei lavori.

Inoltre, le protezioni di tipo passivo (come la sigillatura al fuoco e i rivestimenti antincendio) vengono installate solo in una fase piuttosto avanzata del processo costruttivo.

La probabilità di danni da incendio durante la costruzione può essere ridotta mediante la messa a punto di un piano di sicurezza che quantifichi i rischi, tenga conto delle condizioni dell'edificio in ciascuna fase del processo costruttivo, e renda quanto prima operativi i sistemi attivi e passivi di protezione antincendio.

Ristrutturazioni mal eseguite possono ridurre la sicurezza antincendio di un edificio: esistono molti casi documentati di incendi propagatisi attraverso vani nascosti, creati durante le ristrutturazioni e non protetti dall'incendio.

Inoltre, gli addetti alla ristrutturazione possono danneggiare o rimuovere i dispositivi di sicurezza antincendio passivi, non essendo consapevoli della loro importanza.

Per esempio, nuove utenze dell'edificio installate al di sopra delle controsoffittature possono penetrare — senza sigillature — attraverso paratie tagliafuoco, creando in tal modo percorsi preferenziali per la propagazione nascosta del fuoco e del fumo. Queste criticità possono essere evidenziate solo grazie ad attente ispezioni.

7.8. Valutazione e riparazione dei danni da incendio

Agli ingegneri strutturali viene spesso attribuita la responsabilità di esprimersi sulle possibilità di riutilizzo o di riparazione di edifici danneggiati da incendio.

Se vi è pericolo di collasso locale, occorre preoccuparsi immediatamente della stabilità di ciò che è rimasto dell'edificio colpito dal fuoco.

Spesso la proprietà vuole sapere se l'edificio danneggiato potrà essere ripristinato o meno, nel qual caso occorrerà un'approfondita indagine.

7.8.1. Ispezione

È fondamentale che venga effettuato da tecnici esperti di incendi un tempestivo sopralluogo sulla scena dell'incendio mentre sono ancora visibili le macerie e i danni non strutturali, senza mettere a repentaglio l'incolumità delle persone. Questi sopralluoghi possono fornire informazioni essenziali sull'estensione dell'incendio, sulle zone dove la combustione è stata più violenta e sulle temperature massime raggiunte.

Solo un'accurata valutazione di tutte le circostanze può consentire di esprimere un corretto giudizio di riparabilità. La durata del periodo di completo sviluppo dell'incendio può essere stimata in maniera approssimativa sulla base di una accurata osservazione degli elementi sul luogo dell'incendio.

Ci sono inoltre numerosi elementi che forniscono agli esperti preziose indicazioni circa la severità dell'incendio, come per esempio:

- la profondità di carbonizzazione di elementi in legno (velocità di carbonizzazione di circa 0.6 mm/min);
- la perdita dell'isolamento/rivestimento di cavi in PVC (> 300 °C);
- colorazioni tendenti al blu delle superfici metalliche riscaldate (> 400 °C);
- la fusione dei elementi alluminio (> 650 °C);
- la fusione di normali vetrazioni in silicato (> 1000 °C);
- la sinterizzazione di murature in laterizio (> 1200 °C):
- la rete di fessure sulle superfici di calcestruzzo aerato (per una fessura profonda circa 2.0 cm = --> 1000 °C).

Nel prospetto 7.6 (pagina successiva) sono riportate le temperature più significative, comprese quelle di fusione, di alcuni materiali.

È inoltre importante ripetere la visita, una volta rimossi le macerie e gli elementi non strutturali, al fine di effettuare ispezioni più approfondite sugli elementi strutturali e verificare i dettagli dei relativi collegamenti, per individuare eventuali fessure nel calcestruzzo e danni nei collegamenti.

Le temperature massime raggiunte localmente dall'incendio possono essere stimate osservando bene i materiali presenti.

La maggior parte dei danni significativi provocati dall'incendio è di solito subito visibile. Ad eccezione della perdita di resistenza dei materiali dovuta alla temperatura, i danni più rilevanti si presentano di norma sotto forma deformazioni generalizzate o locali, sfaldamento del calcestruzzo o carbonizzazione del legno.

La maggior parte degli elementi deformatisi durante l'incendio dovrà essere sostituita, a meno che le deformazioni siano ininfluenti sul riutilizzo dell'edificio. Le deformazioni possono essere valutate attraverso l'osservazione delle linee di fuga degli elementi rettilinei o utilizzando apposite attrezzature.

Occorre anche tenere conto delle eventuali deformazioni preesistenti all'incendio. Se la maggioranza degli elementi strutturali presenta significative deformazioni, potrebbe rendersi necessaria la demolizione dell'intera struttura.

In generale le strutture in calcestruzzo hanno un buon comportamento in caso di incendio. Gli elementi in calcestruzzo che non dimostrano danni visibili possono tuttavia avere subito riduzioni di resistenza a causa delle elevate temperature raggiunte.

Le normali armature al carbonio recuperano durante il raffreddamento pressoché tutta la resistenza perduta a caldo.

Viceversa, gli acciai ad alta resistenza, generalmente usati per le armature di precompressione risentono molto di più delle alte temperature e manifestano considerevoli perdite di resistenza.

La perdita di resistenza del calcestruzzo preoccupa molto di meno in quanto la zona influenzata dal calore non è in genere molto profonda grazie alla bassa diffusività termica del calcestruzzo.

La perdita di resistenza del calcestruzzo in prossimità della superficie riscaldata può essere valutata mediante sclerometro o, meglio, con il metodo della rimozione selettiva del calcestruzzo danneggiato utilizzando getti d´acqua ad elevata velocità ed alta pressione, variabile da 1.000 fino a 1.400 bar ed una portata di circa 200 lpm (litri per minuto).

Alcuni tipi di calcestruzzo cambiano colorazione con la temperatura, ma molto dipende dal tipo di aggregato.

Il calcestruzzo ordinario riscaldato a meno di 300 °C non presenta marcate modifiche di colore, ma assume colore rosato oppure grigio-biancastro oppure bruno-giallastro se riscaldato rispettivamente a 300-600 °C, a 600-950 °C, e oltre 950 °C.

Materiale	Temperature [°C]		
	Accensione	Autoaccensione	Fusione
Acciaio	---	---	> 1400
Alluminio	---	---	650
Argento	---	---	950
Cotone	230-266	254	---
Ghisa	---	---	1150-1300
Laminato melaminico	475-500	623-645	---
Lana	200	---	---
Leghe d'alluminio	---	---	500-650
Legno Douglas	260	---	---
Ottone e bronzo	---	---	850-1000
Pino	228-264	260	---
Piombo	---	---	330
Poliammide	421	424	---
Policloruro di vinile	391	454	---
Poliestere vetro rinforzato	346-399	483-488	---
Polietilene	341-357	394	110-120
Polimetilmetacrilato	230-300	450-462	
Polistirene	345-360	488-496	---
Rame	---	---	1100
Vetro	---	---	600-750
Zinco	---	---	420

Prospetto 7.6 - Temperature di comportamento dei materiali

Il calcestruzzo esposto al fuoco non subisce significative perdite di resistenza residua per temperature inferiori a 300-400 °C, mentre per temperature più elevate la perdita di resistenza può essere rappresentata dalle curve R-T riportate nelle normative. Questo vale se non è stato soggetto ad un rapido raffreddamento conseguente all'utilizzo degli idranti utilizzati dai VV.F. durante il loro intervento.

7.8.2. Valutazioni in merito alla riparabilità

La riparabilità di una struttura indica la possibilità che tutta o una parte di essa possa essere ristrutturata e portata ad un adeguato livello di sicurezza per un uso comparabile a quello antecedente all'incendio. Il giudizio, in molti casi, è fortemente influenzato da considerazioni economiche e dai tempi necessari.

L'individuazione della severità dell'incendio e del grado di deterioramento subito dalla struttura in calcestruzzo dopo l'incendio, richiede gli stessi metodi, strumentazioni e tecniche di indagine normalmente utilizzate per le indagini condotte a temperature ordinarie. Tuttavia una maggiore attenzione deve essere posta nella determinazione delle resistenze residue degli elementi, anche in assenza di evidenti fenomeni di danneggiamento.

I metodi di riparazione e di ripristino di una struttura danneggiata dall'incendio sono simili a quelli normalmente utilizzati per altri eventi o cause. Nel caso in cui l'elemento o l'edificio ristrutturato debbano nuovamente soddisfare a specifiche prestazioni antincendio occorre considerare che le misure ed i prodotti utilizzati non pregiudichino le prestazioni attese. Un ricalcolo della struttura, con la relativa valutazione della capacità portante della struttura ristrutturata, risultano assolutamente necessari.

8. RUOLI E RESPONSABILITÀ DEGLI OPERATORI DEL SETTORE

8.1. Generalità

La crescente complessità dei progetti e la vastità della giungla normativa di riferimento, oltre che la complessità e farraginosità di molti adempimenti di carattere amministrativo, hanno reso veramente complicato il lavoro dei professionisti. Per restringere l'ambito della trattazione, di seguito si farà riferimento esclusivamente alle incombenze previste dalle NTC 2008 e dalla Marcatura CE per gli elementi prefabbricati.

Le NTC non hanno introdotto vere e proprie novità in merito alle responsabilità dei professionisti: le hanno semplicemente riprese e meglio specificate, ma nella sostanza erano già delineate.

Alcune delle novità più significative sono quelle ricomprese nel Capitolo 7 in merito al controllo sui fornitori e sui prodotti da inserire in opera.

Nella seconda parte del presente manuale (precisamente nel capitolo 3.3) si parlerà prevalentemente delle responsabilità attinenti all'applicazione dell'ex Direttiva CE sui prodotti da costruzione con particolare riferimento all'obbligo della marcatura CE per tutti quei manufatti prefabbricati coperti da norma europea armonizzata.

Qualsiasi riferimento fatto in tale logica non vale assolutamente per quei manufatti/prodotti che rimangano nell'ambito della qualificazione ministeriale (per prodotti realizzati in serie dichiarata/controllata/occasionale) e/o rientranti nel campo di applicazione del Benestare Tecnico Europeo.

L'ex Direttiva 89/106 CEE, ora Regolamento UE 305/2011, è espressamente indirizzata alle aziende produttrici e pertanto tutti gli oneri concernenti la Marcatura CE, quali l'implementazione del *Factory Production Control* presso lo stabilimento di produzione e l'etichettatura del prodotto sono aspetti a carico del produttore stesso ed a lui medesimo rimangono comunque in carico tutte le responsabilità conseguenti al prodotto eventualmente non conforme e/o difettoso.

Tutti gli altri operatori della filiera ed in particolare i professionisti, pur non essendo direttamente coinvolti nella Marcatura CE dei prodotti, svolgono un ruolo essenziale in merito alla sua applicazione ed al suo rispetto e possono trovarsi gravati da responsabilità tutt'altro che trascurabili.

Tali aspetti sono stati fortemente ribaditi ed enfatizzati dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14.01.2008 – Allegato 1 – Cap. 11) con un preciso richiamo ai doveri ed alle specifiche responsabilità dei vari soggetti coinvolti nel processo costruttivo.

Le responsabilità - per il rispetto ed una corretta applicazione della Direttiva/Regolamento - sono ampie e coinvolgono tutti gli attori che intervengono nel processo costruttivo. Chiunque può essere chiamato a rispondere dell'eventuale indebito utilizzo e/o indebito inserimento nell'opera di prodotti non marcati CE. Per approfondire tali problematiche nel seguito vengono fornite indicazioni circa le implicazioni e le relative responsabilità per gli operatori della filiera.

8.2. Inquadramento legislativo di riferimento

Per gli argomenti in discussione i riferimenti normativi che trattano in qualche misura di compiti, ruoli e responsabilità dei professionisti sono i seguenti:

- Direttiva CEE 89/106 sui prodotti da costruzione (abrogata);
- Il DPR 21 Aprile 1993, n. 246 – *"Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione" (superato)*
- UNI EN 13369:2008 – "Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo"
- UNI EN 14992:2007 – "*Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi da parete*"
- UNI EN 15258:2009 – *"Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi per muri di sostegno"*
- DPR 380/01 e s.m.i. – "Testo Unico per l'Edilizia ";
- NTC 2008 – *"Norme tecniche per le costruzioni*";
- Circolare esplicativa - n° 617 del 02 Febbraio 2009;
- D.Lgs. n. 163/2006 – "Nuoco Codice degli Appalti";
- DPR 207 del 5 ottobre 2010 – "Regolamento attuativo del Codice Appalti";
- Codice Civile e Codice Penale;
- Accordi contrattuali.

8.3. Alcuni stralci più significativi delle vigenti disposizioni legislative

Nel seguito si riportano qui alcuni stralci degli articoli più significativi in materia di Marcatura CE tratti dai vari riferimenti normativi/legislativi. Si riportano anche i riferimenti alla DIR 89/106 ed al DPR 246/93 che pur essendo superati non hanno ancora trovato una valida e pratica operatività con il nuovo Regolamento per cui è opportuno restare in attesa di prossime delucidazioni da parte delle autorità preposte.

DIR 89/106 CEE – Art. 21 Clausola di salvaguardia

1. *Se uno **Stato Membro** constata che un prodotto dichiarato conforme alla presente direttiva **non risponde ai requisiti** di cui agli articoli 2 e 3, **esso prende tutte le misure utili per ritirare i prodotti dal mercato o proibirne o limitarne la libera circolazione**.*
   Lo Stato Membro interessato informa immediatamente la Commissione della misura presa, precisando i motivi della propria decisione e, in particolare, se la non conformità è dovuta:
   (a) al mancato rispetto degli articoli. 2 e 3, qualora il prodotto non corrisponda alle specificazioni tecniche di cui all'articolo 4;
   (b) ad una imperfetta applicazione delle specificazioni tecniche di cui all'articolo 4.;
   (c) ad una lacuna delle specificazioni tecniche stesse di cui all'articolo 4.
2. *La Commissione avvia una consultazione con le parti interessate con la massima celerità. Se la Commissione constata dopo tale consultazione che la misura è giustificata, essa ne informa immediatamente lo Stato Membro che ha preso le misure e gli altri Stati Membri.*
3. *Se la decisione di cui al paragrafo 1 è giustificata da una lacuna delle norme o delle specificazioni tecniche, la Commissione, previa consultazione delle parti interessate, adisce il comitato di cui all'articolo 19 ed il comitato istituito dalla direttiva 83/189/CEE nel caso di lacuna in una norma armonizzata, entro un termine di due mesi, se lo Stato Membro che ha preso tali misure intende mantenerle, ed avvia le procedure di cui all'articolo 5, paragrafo 2.*
4. *Lo **Stato Membro interessato prende le misure appropriate contro chiunque** abbia fatto la dichiarazione di conformità e ne informa la Commissione e gli altri Stati Membri.*

5. *La Commissione fa sì che gli Stati Membri siano tenuti informati sugli sviluppi e sull'esito della suddetta procedura.*

DPR 246/93 – Art. 2 Condizioni di immissione sul mercato

1. *I prodotti possono essere immessi sul mercato solo se idonei all'impiego previsto. Sono idonei i prodotti dotati di caratteristiche tali da rendere le opere sulle quali devono essere incorporati o comunque installati, se adeguatamente progettate e costruite, conformi ai requisiti essenziali di cui all'allegato A, se e per quanto tali requisiti sono prescritti.* ***I prodotti che recano il marchio CE si presumono idonei all'impiego previsto.***

2. *Il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, il Ministero dei Lavori Pubblici e le altre amministrazioni competenti adottano ed attuano le misure occorrenti per l'osservanza del comma 1.*
3. *Restano ferme le disposizioni che regolano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di cui all'art. 1.*

DPR 246/93 – Art. 11 Vigilanza

1. *Al fine di verificare la conformità dei prodotti da costruzione alle prescrizioni del presente regolamento, il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, il Ministero dell'Interno ed il Ministero dei Lavori Pubblici,* ***ciascuno nell'ambito delle rispettive competenze, hanno facoltà di disporre verifiche e controlli****, con spesa a carico del fabbricante o del suo mandatario, mediante i propri uffici centrali o periferici, eventualmente coadiuvati da istituti o dipartimenti universitari ovvero da altri enti o laboratori individuati con specifico decreto del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto con il Ministro dell'Interno ed il Ministro dei Lavori Pubblici.*
2. *A tal fine è consentito alle persone incaricate:*
   a) l'accesso ai luoghi di fabbricazione, di immagazzinamento o di uso dei prodotti;
   b) l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie all'accertamento;
   c) il prelievo di campioni per l'esecuzione di esami e prove.
3. ***I prodotti che risultino non muniti del marchio di conformità CE o dell'attestato di conformità o del benestare tecnico europeo, o ne siano comunque privi devono essere immediatamente ritirati dal commercio e non possono essere incorporati o installati in edifici.***
4. *La consegna al possessore di prodotti e/o al costruttore dell'edificio di processo verbale di constatazione di taluno degli illeciti di cui al comma 3,* ***comporta temporanea non commerciabilità dei prodotti stessi ed ordine di sospensione dei lavori****. Entro i novanta giorni successivi alla predetta consegna il Ministero dal quale dipendono i verbalizzanti, se ravvisa sussistenti gli illeciti, emana provvedimento motivato in applicazione del comma 3 e lo comunica al fabbricante o suo mandatario ed al possessore dei prodotti, nonché al costruttore; in tal caso, l'importo del costo della verifica o del controllo è maggiorato del 50 per cento.*
5. *Ove si constati che prodotti, anche se muniti del marchio CE o dell'attestato di conformità, o del benestare tecnico europeo, ed utilizzati conformemente all'art. 2, comma 2, possono compromettere la sicurezza delle persone e/o dei beni, il Ministero competente con provvedimento cautelare ne vieta l'immissione in commercio e l'utilizzazione, eventualmente disponendone il sequestro.*
6. *Il provvedimento di cui al comma 5 è comunicato entro dieci giorni alla commissione del Mistero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato.*

L
e inadempienze presuppongono responsabilità sia di tipo civile che penale (arresto fino a 1 anno, ammenda da 2 a 15 mila Euro).L'apporre marcature non conformi è sanzionato come pubblicità ingannevole.

Norme Tecniche per le Costruzioni" DM 14 Gennaio 2008 - 11.1 Generalità
I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.
I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- ***identificati*** *univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;*
- ***qualificati*** *sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;*
- ***accettati*** *dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.*

… omissis …
Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità *alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.*
Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.
Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
… omissis …
Il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici potrà attivare un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, *ai sensi dell'Art. 11 del DPR n° 246/93.*
… omissis …

DPR 380/01 - Art. 28 (L) - Vigilanza su opere di amministrazioni statali
(Legge 28 febbraio 1985, n. 47, art. 5; d.lgs. 18 agosto 2000, n. 267, art.107 e 109)
1. Per le opere eseguite da amministrazioni statali, qualora ricorrano le ipotesi di cui all'articolo 27, il responsabile del competente ufficio comunale informa immediatamente la regione e il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, al quale compete, d'intesa con il presidente della giunta regionale, la adozione dei provvedimenti previsti dal richiamato articolo 27.

DPR 380/01 - Art. 64 (L) - Progettazione, direzione, esecuzione, responsabilità
(Legge n. 1086 del 1971, art. 1, quarto comma; art. 2, primo e secondo comma; art. 3, primo e secondo
comma)
1. La realizzazione delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, deve avvenire in modo tale da assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture e da evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità.
2. La costruzione delle opere di cui all'articolo 53, comma 1, deve avvenire in base ad un progetto esecutivo redatto da un tecnico abilitato, iscritto nel relativo albo, nei limiti delle proprie competenze stabilite dalle leggi sugli ordini e collegi professionali.
3. L'esecuzione delle opere deve aver luogo sotto la direzione di un tecnico abilitato, iscritto nel relativo albo, nei limiti delle proprie competenze stabilite dalle leggi sugli ordini e collegi professionali.
4. Il progettista ha la responsabilità diretta della progettazione di tutte le strutture dell'opera comunque realizzate.

5. Il direttore dei lavori e il costruttore, ciascuno per la parte di sua competenza, hanno la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, dell'osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto, della qualità dei materiali impiegati, nonché, per quanto riguarda gli elementi prefabbricati, della posa in opera.

DPR 380/01 - Art. 71 (L) - Lavori abusivi
(Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 13)
1. Chiunque commette, dirige e, in qualità di costruttore, esegue le opere previste dal presente capo, o parti di esse, in violazione dell'articolo 64, commi 2, 3 e 4, è punito con l'arresto fino a tre mesi o con l'ammenda da 103 a 1.032 euro.
2. È soggetto alla pena dell'arresto fino ad un anno, o dell'ammenda da 1.032 a 10.329 euro, chi produce in serie manufatti in conglomerato armato normale o precompresso o manufatti complessi in metallo senza osservare le disposizioni dell'articolo 58.

DPR 380/01 - Art. 74 (L) - Responsabilità del collaudatore
(Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 16)
1. Il collaudatore che non osserva gli obblighi di cui all'articolo 67, comma 5, è punito con l'ammenda da 51 a 516 euro.

DPR 380/01 - Art. 76 (L) - Comunicazione della sentenza
(Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 18)
La sentenza irrevocabile, emessa in base alle precedenti disposizioni, deve essere comunicata, a cura del cancelliere, entro 15 giorni da quello in cui è divenuta irrevocabile, al comune e alla regione interessata ed al consiglio provinciale dell'ordine professionale, cui eventualmente sia iscritto l'imputato.

8.4. Le varie figure coinvolte nel processo costruttivo

Prima di entrare un po' più nel dettaglio vediamo quali sono le figure direttamente coinvolte e responsabilizzate nell'applicazione della Marcatura CE. Non considerando il produttore di cui si è già accennato, gli altri attori principali sono i seguenti:

- il Progettista Generale dell'opera;
- l'Impresa di costruzione;
- il Direttore dei Lavori;
- il Collaudatore.

Occorre ribadire che le responsabilità previste a carico del produttore non mettono al riparo da eventuali corresponsabilità gli altri operatori della filiera. Per quanto riguarda i Professionisti coinvolti nel processo di costruzione sussistono implicazioni e responsabilità diverse a seconda del ruolo ricoperto. Di seguito verranno descritte, ruolo per ruolo, le azioni da attuare per rispondere pienamente e consapevolmente alle prescrizioni della Direttiva e delle norme nazionali vigenti.

8.4.1. Il Progettista Generale

Il progettista generale è il primo attore della filiera ed è colui che ha, apparentemente, il compito più semplice. E' sufficiente inserire nei progetti chiare prescrizioni circa dell'utilizzo di prodotti Marcati CE da quando questa è divenuta cogente.

Dato l'elevato numero di prodotti soggetti a marcatura CE le oggettive difficoltà nel padroneggiare e conoscere un altrettanto elevato numero di norme appare evidente.

Tuttavia la questione si semplifica notevolmente in quanto non risulta strettamente necessario conoscere tutte le norme, quanto piuttosto conoscere per quali prodotti la marcatura CE è già cogente oppure da quando lo sarà.

E' opportuno rammentare che il progettista può inserire in un progetto la prescrizione che un prodotto eventualmente impiegato sia marcato CE anche nel periodo transitorio, cioè prima ancora della cogenza della Marcatura. Al fine di fornire un piccolo contributo in merito all'aggiornamento circa lo stato di avanzamento e la pubblicazione delle norme armonizzate vengono forniti due utili riferimenti. Per informazioni sullo sviluppo delle norme armonizzate è possibile consultare il sito:

ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Snapshot.pdf

Consultando periodicamente tali siti è possibile conoscere se e da quando un determinato prodotto è soggetto alla marcatura CE e quindi comportarsi di conseguenza per un consapevole richiamo negli elaborati progettuali.

I più significativi adempimenti per il Progettista Generale possono riassumersi nei seguenti punti:

- considerare che è obbligatorio prescrivere l'uso di materiali Marcati CE, ove e quanto divenuta cogente;
- redigere Contratti e Capitolati, ovvero aggiornarli, con riferimento alle più recenti normative e che richiamino espressamente l'impiego di prodotti marcati CE e le relative norme armonizzate;
- definire negli elaborati di progetto e/o nelle specifiche tecniche le caratteristiche di materiali e prodotti in coerenza con le norme armonizzate;
- specificare in maniera chiara eventuali prestazioni aggiuntive a quelle previste per la Marcatura CE ovvero i valori di soglia per prestazioni minime che necessitassero per il progetto;
- scegliere ed indicare il livello o la classe per quei prodotti che lo prevedono.

E' importante tenere presente che la marcatura CE sta semplicemente a significare che un prodotto è conforme alla norma di riferimento, soddisfa i requisiti essenziali e che il produttore ha dichiarato le prestazioni minime che il suo prodotto è in grado di assicurare.

Potrebbe darsi che in un determinato progetto il progettista abbia necessità di fare riscorso a prodotti con prestazioni aggiuntive e/o di livello superiore. In tali casi, oltre alla necessaria Marcatura CE, il progetto dovrà chiaramente esplicitare le prestazioni aggiuntive richieste ed il modo di controllarle.

8.4.2. L'impresa di costruzioni

E' certamente uno degli attori più importanti per l'applicazione ed il rispetto della Marcatura CE in quanto se l'impresa nell'individuare i possibili fornitori per una determinata opera richiede esplicitamente, oltre all'offerta economica per la fornitura, l'evidenza oggettiva del fatto che il produttore/fornitore abbia il proprio sistema di controllo della produzione certificato (FPC), può scegliere in totale tranquillità un fornitore in regola con le vigenti disposizioni ed escludere una sua eventuale responsabilità per incauto acquisto e per l'inserimento di un prodotto non conforme nell'opera.

Le conseguenze dell'acquisto di un prodotto non marcato CE potrebbero essere anche gravi.

Si può andare dalla semplice mancata accettazione dei prodotti proposti dall'impresa da parte del Direttore dei Lavori fino alla rimozione dall'opera dei manufatti eventualmente già posati con la conseguente perdita di tempo per la rimozione e per un nuovo approvvigionamento oltre a tutti i costi eventualmente conseguenti, tra cui costi per la rimozione/demolizione, trasporto e/o smaltimento delle macerie e per l'eventuale ri-approvvigionamento.

Tutto questo senza considerare le possibili conseguenze contrattuali per le penali conseguenti a ritardi o danni che il committente può rivendicare.

L'altro aspetto maggiormente rilevante è costituito dal reato penale di incauto acquisto. Commette tale contravvenzione chiunque, senza averne prima accertata la legittima provenienza, acquista o riceve a qualsiasi titolo cose per le quali, per la loro qualità o per la condizione di chi le offre o per la entità del prezzo, si abbia motivo di sospettare che provengano da reato (art. 712 c.p.).

Egualmente è punito chi si adopera per fare acquistare o ricevere a qualsiasi titolo alcuna delle cose sopra indicate, senza averne prima accertata la legittima provenienza.

Per la punibilità è sufficiente che chi acquista non abbia prestato la dovuta diligenza quando, per qualità delle cose acquistate, le condizioni di chi offre il prezzo, doveva sospettare l'illiceità della loro provenienza.

Nell'incauto acquisto c'è il colposo mancato accertamento di quella provenienza.

Nella ricettazione c'è il dolo cioè la certezza della provenienza delittuosa della cosa acquistata o ricevuta. La pena prevede l'arresto fino a 6 mesi o l'ammenda.

Al fine di evitare di incorrere nei rischi di cui sopra i più significativi adempimenti a cui l'Impresa deve prestare attenzione possono riassumersi in:

- tenersi debitamente aggiornata ed informata (diligenza);
- prestare grande attenzione ai Capitolati ed alle specifiche tecniche di progetto;
- ove ravvisi deficienze o lacune del progetto o delle specifiche darne immediata comunicazione al Committente, al Progettista Generale, al Direttore dei Lavori ed al Collaudatore a seconda della fase in cui viene accertata l'anomalia o la carenza;
- proporre ed effettuare l'approvvigionamento e l'inserimento nell'opera solo e soltanto di prodotti Marcati CE;
- richiedere ed accertare - preventivamente all'ordine al fornitore - la Marcatura CE dei prodotto richiesto;
- non proporre e/o accettare mai una fornitura in difetto della marcatura CE perché la marcatura è obbligatoria ed un prodotto senza marcatura manca della presunzione della conformità e non può essere immesso sul mercato e nemmeno impiegato nelle opere;
- individuare e risolvere attentamente, unitamente al Direttore dei Lavori, qualsiasi omissione o negligenza ascrivibile a carenze progettuali;
- richiedere copia del Certificato dell'FPC rilasciato dall'Ente Notificato al produttore;
- richiedere il rilascio della "Dichiarazione di prestazione".

La responsabilità dell'impresa, per utilizzo di prodotti non Marcati CE, rimane sempre attiva: Direttore dei Lavori e Collaudatore possono in qualsiasi momento contestare la fornitura di prodotti non conformi con tutte le conseguenze del caso.

8.4.3. Il Direttore dei Lavori

E' senza alcun dubbio il professionista che svolge il ruolo più importante e che deve assolutamente vigilare ed impedire che vengano approvvigionati dall'impresa prodotti non marcati CE per evitare di essere ritenuto corresponsabile di un utilizzo improprio di prodotti non conformi, pagandone le conseguenze.

Il Direttore dei Lavori è il rappresentante del Committente per gli aspetti Tecnici ed è tenuto ad assolvere l'importate ruolo di garante della legalità dell'opera e di Controllore del Costruttore. Nel caso di un progetto carente sotto il punto di vista della prescrizione di prodotti Marcati CE deve comunque sopperire a tali carenze o quanto meno individuarle e segnalarle diligentemente al Committente, all'Impresa ed al Progettista. I più significativi adempimenti per il Direttore dei Lavori possono riassumersi come segue:

- esaminare approfonditamente ed in modo critico i documenti contrattuali/progettuali;
- avvisare e ribadire all'impresa di costruzione dell'obbligatorietà della Marcatura CE per sensibilizzarla nella scelta dei fornitori che commercializzino solo prodotti Marcati CE;
- accettare ed autorizzare l'approvvigionamento e l'inserimento nell'opera esclusivamente di prodotti Marcati CE;
- accertare espressamente la Marcatura CE del prodotto attraverso l'etichetta e/o i DDT;
- richiedere copia del Certificato rilasciato dall'Ente Notificato al produttore;
- richiedere il rilascio della Dichiarazione di prestazione.

Indipendentemente dalla Marcatura CE del prodotto è fatta salva la facoltà del Direttore dei Lavori di far eseguire tutte le prove previste dalle vigenti disposizioni e/o comunque ritenute opportune o necessarie. Ove e quando possibile - in funzione della criticità e dell'importanza della fornitura - è auspicabile utilizzare riferimenti normativi esistenti per la definizione di eventuali campionamenti in contraddittorio e – qualora non esistessero o non fossero definiti a progetto - definirli di concerto con gli interessati.

8.4.4. Il Collaudatore

Il collaudo ha lo scopo di verificare e certificare che l'opera o il lavoro siano stati eseguiti a regola d'arte e secondo le prescrizioni tecniche prestabilite, in conformità del contratto, delle varianti e dei conseguenti atti di sottomissione o aggiuntivi debitamente approvati.

Il collaudo ha altresì lo scopo di verificare che i dati risultanti dalla contabilità e dai documenti giustificativi corrispondano fra loro e con le risultanze di fatto, non solo per dimensioni, forma e quantità, ma anche per qualità dei materiali, dei componenti e delle provviste.

Il collaudo comprende altresì tutte le verifiche tecniche previste dalle leggi di settore.

Parlando di collaudo occorre tenere in considerazione le due differenti tipologie di collaudo: quello Statico e quello Tecnico-Amministrativo che hanno differenti finalità ed individuano precise responsabilità alle due figure professionali coinvolte.

Il Collaudatore è l'ultimo attore della filiera, ma non per questo il meno importante. Anzi, il DM 14.01.2008 demanda a Direttore dei Lavori e Collaudatore il preciso compito di accertare l'utilizzo di prodotti conformi e Marcati CE. Il Direttore dei Lavori deve consegnare al Collaudatore tutta la documentazione raccolta a testimoniare l'accettazione – motivata e consapevole - di prodotti conformi e Marcati CE. Qualora tutti i riscontri siano positivi e siano state effettuate le verifiche necessarie, il Collaudatore può procedere col collaudo.

In caso contrario il Collaudatore deve reperire e ricostruire, prodotto per prodotto, tutta la documentazione necessaria ad assicurare e confermare la conformità dei prodotti utilizzati.

Nel caso in cui emergano anomalie e o siano stati utilizzati prodotti non conformi, il Collaudatore non dovrebbe procedere con il collaudo per non rendersi corresponsabile di un illecito ed eventualmente trovarsi a dovere pagare le conseguenze di scelte ed errori commessi dagli attori intervenuti prima di lui nel processo edilizio.

I più significativi adempimenti per il Collaudatore possono riassumersi nei seguenti punti:

- esaminare i documenti contrattuali e di cantiere;
- controllare i materiali utilizzati ed accertarne la Marcatura CE (ove necessaria);
- chiedere l'evidenza dei requisiti del produttore (Azienda, Unità Produttiva e Prodotto);
- accertare direttamente la Marcatura CE con richiesta delle etichetta o dei DDT dei prodotti;
- chiedere copia del Certificato rilasciato dall'Ente Notificato al produttore;
- richiedere il rilascio della Dichiarazione di prestazione.

Come il DL, anche il Collaudatore ha la facoltà di far eseguire o ripetere tutte le prove ritenute necessarie.

È i ogni caso possibile – per tutta una serie di motivi e di responsabilità degli attori intervenuti precedentemente nel processo di costruzione – che il Collaudatore si trovi a fronteggiare situazioni nelle quali siano stati impiegati ed inseriti nell'opera prodotti non Marcati CE e pertanto privi della presunzione di conformità. Come deve comportarsi il Collaudatore per non rendersi corresponsabile di un illecito e collaudare quanto invece non potrebbe essere collaudabile?

In via preliminare, non appena accertato il problema, il Collaudatore dovrebbe:

- disporre l'immediata sospensione del collaudo arrestando di conseguenza i termini di consegna del collaudo stesso;
- predisporre l'immediata richiesta scritta di chiarimenti e di tutte le evidenze ed i riscontri oggettivi necessari all'Impresa ed al Direttore dei Lavori attuando un attento controllo della veridicità di tutti i documenti eventualmente forniti e delle date di emissione degli stessi;
- trasmettere una comunicazione scritta al Committente circa il presunto illecito rilevato trasmettendogli per conoscenza la richiesta di cui sopra e comunicandogli le conseguenze e le possibili azioni.

Qualora tutto venga chiarito e le evidenze richieste rispondano inconfutabilmente ai dubbi e riescano a colmare le lacune documentali circa l'avvenuta accettazione da parte del Direttore dei Lavori, in tal caso il collaudo può riprendere ed essere completato. Qualora, al contrario, le riposte non fossero quelle attese e si accertasse inconfutabilmente l'illecito perpetrato dall'Impresa e dal Direttore dei Lavori, l'iter da seguire è differente.

Non vi sono indicazioni precise circa il comportamento più idoneo da tenere da parte del Collaudatore, tuttavia i due scenari più accreditati e condivisi sembrano essere i seguenti:

- Collaudo statico: riportare sempre il riferimento all'illecito inerente alla mancanza di conformità CE ed indicarne le cause ed i responsabili oltre che i provvedimenti presi al fine di certificarne l'idoneità statica e la "coerenza" (non la conformità) alla norma armonizzata di riferimento ove se ne ravvisi la possibilità;

- Collaudo Tecnico-Amministrativo: riportare esplicitamente il riferimento all'illecito, le cause ed i responsabili, i riferimenti al collaudo statico ed operare una decurtazione per i costi aggiuntivi sostenuti per il collaudo statico oltre che il deprezzamento per la mancanza di conformità insanabile del prodotto/manufatto con decurtazione dal credito dell'appaltatore di un importo variabile dal 30% al 100% del valore di contratto del componente finito (es. il muro finito e non solo della Doppia Lastra) rimettendo al proprio Committente di prendere le decisioni che ritiene più opportune sul collaudo così espresso.
- Redigere una Relazione riservata sull'operato del Direttore lavori ed anche dell'Impresa.

8.4.5. La responsabilità

Si riportano alcune brevi considerazioni circa la *responsabilità*. Come noto non è ammessa l'ignoranza delle leggi e delle norme. Questo principio vale per tutti in via generale, ma in particolar modo per i professionisti. Infatti la diligenza, ex art. 1176, comma 2, c.c., va valutata con riguardo all'attività esercitata. Nell'adempimento delle proprie obbligazioni, inerenti all'esercizio di un'attività professionale, la diligenza deve valutarsi con riguardo alla natura dell'attività esercitata. Nel caso in cui il professionista possa dimostrare la propria diligenza e di aver attuato tutto quanto era possibile fare per prevenire ed evitare un illecito tutto va bene; in caso contrario sul suo operato potrebbero essere ravvisati:

- un comportamento colposo, ossia dovuto a negligenza, imprudenza, imperizia, inosservanza di leggi o regolamenti;
- un comportamento doloso, ossia intenzionalmente preordinato a cagionare il danno.

La responsabilità o la corresponsabilità deve intendersi estesa sia agli aspetti contrattuali che extra-contrattuali, in parti uguali ed in solido tra tutte le figure coinvolte. In linea generale occorre osservare che nonostante il quadro delle responsabilità sia sufficientemente inquadrato e definito dalle vigenti disposizioni legislative, il quadro sanzionatorio invece è stranamente poco chiaro ed inorganico. In mancanza di sanzioni specifiche nel DM 14.01.2008 le sanzioni amministrative, civili e penali per le non conformità alle norme tecniche dei prodotti da costruzione sono rinviate a tutte le normative esistenti in materia di responsabilità del Direttore dei Lavori e del Collaudatore. Si vogliono qui sottolineare le:

- responsabilità contrattuali per inadempimento;
  Il Direttore Lavori ed il Collaudatore sono responsabili, per le rispettive competenze, della conformità dei lavori al progetto, al Capitolato, della conformità dei materiali, della correzione di eventuali carenze progettuali, di controllare la regolarità dell'esecuzione, ecc..
- responsabilità extracontrattuali:
  verso il committente/appaltatore e suoi aventi causa per rovina e difetti dell'immobile (art. 1669 c.c.) e verso chiunque per danno ingiusto causato da comportamento doloso o colposo (art. 2043 c.c.).

Le possibili conseguenze possono consistere in:

- eliminazione di vizi e difformità;
- sospensione dei pagamenti;
- risoluzione del contratto con restituzione del prezzo pagato e rimborso delle spese sostenute;
- risarcimento danni.

A tutto ciò possono sommarsi, anche per i professionisti, le responsabilità inerenti al reato di tipo penale conseguente all'incauto acquisto.

www.graficheflacorda.it

Edizione Gennaio 2015

Sede Legale

ESSE SOLAI S.r.l.
GIULIANE S.r.l.

Strada delle Fornaci, 13
I - 36031 Vivaro di Dueville (VI)
Tel. +39 0444 986440 / 985481
Fax +39 0444 986558

info@essesolai.it
www.essesolai.it

info@giuliane.eu
www.giuliane.eu

Unità produttive

Strada delle Fornaci, 13
I - 36031 **Vivaro di Dueville (VI)**
Tel. +39 0444 986440 / 985481
Fax +39 0444 986558

Via della Fornace, 16
I - 33050 **Ruda (UD)**
Tel. +39 0431 99588
Fax +39 0431 999990
info@giuliane.eu

Via Calestano, 92
I - 43035 **Felino (PR)**
Tel. +39 0521 836390
Fax +39 0521 836424
felino@giuliane.eu

ASSOBETON

UNI EN ISO 9001 ICMQ Certificazione sistema qualità

lavorosicuro

CERTIFIED IQNet QUALITY SYSTEM

ASSAP solai alveolari

Partner KlimaHaus CasaClima®